12 • 2019

www.radio.ru



АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Лабораторный блок питания
+
зарядное устройство




ISSN-0033-765X
19012
9 770033 765009

- Источник питания велофары
- Многофункциональный частотомер
- Блок управления RGB-лентой
- Уменьшение искажений в УМЗЧ класса В

...и ещё 10 конструкций

12
2019

Итоги Russian "RADIO" WW RTTY Contest 2019

(см. статью на с. 51)



Молодые операторы команды 9A1A. Слева—направо Srdan Milic (9A3SMS), Ivan Zivcic (9A3GZI), Domagoj Žanić (9A7RA), Emil Unger (9A5AEU) и Aron-Petar Sprihal (9A7ROR).

Nandor Viola (HA1-0013) — лучший результат среди наблюдателей.

Александр Молчанов (R6CC).





Урал Кинзягулов (RU8W) показал лучший результат на диапазоне 7 МГц.





Юрий Куриный (RG9A) — победитель в многодиапазонном зачёте.

На нашей обложке. Лабораторный БП + зарядное устройство на микросхеме L200C (см. статью на с. 22).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:
- ТАЙМЕРЫ ДЛЯ УТЮГА
- ТЕРМЕНВОКС
- ИГРУШКА-АНИМАТРОНИК
- СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ДЛЯ МК

Тираж журнала «Радио» № 11 сдан для рассылки подписчикам 05.11.2019 г.



"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication 12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 22.11.2019 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 04124-19







с наступающим Новым 2020 годом!

Семь лет назад мы организовали подписку на электронную версию журнала "Радио" — копию традиционного "бумажного" издания в виде компьютерного файла формата pdf, который можно читать на персональных и планшетных компьютерах, ноутбуках и нетбуках. Сейчас в электронном виде доступны журналы за 2012—2019 гг. Продолжается подписка и на следующий год. Её стоимость на 12 месяцев осталась прежней — 600 руб., но эту сумму Вы заплатите при оплате подписки в редакции. В случае оплаты через банк или какие-либо платёжные системы стоимость может быть больше на величину комиссии. Подписаться на электронную версию можно с любого месяца. Например, если это сделать с декабря 2019 г. и оплатить 600 руб., Вы получите № 12 за 2019 г. и № 1—№ 11 за 2020 г. Для того чтобы оформить подписку на электронную копию, необходимо на нашем сайте по адресу **el.radio.ru** заполнить поля формы, указав в них номер, с которого Вы хотите получать журнал, фамилию, имя, отчество, дату рождения, почтовый адрес, адрес электронной почты и контактный телефон. Все эти данные необходимы для однозначной идентификации оплатившего подписку. После нажатия на кнопку "Оформить подписку" будет сформирована квитанция для оплаты подписки на электронную копию журнала на 12 месяцев в отделении Сбербанка России, которую следует распечатать и по ней произвести оплату. Оплатить по нашим реквизитам, указанным в квитанции, можно и через другие банки или платёжные системы. При оплате через платёжные системы обязательно указывайте свои фамилию, имя, отчество, а также год и номер, с которого Вы хотите получать журнал. Подписчикам на электронную копию журнала "Радио" необходимо ознакомиться с договором по адресу **http://www.radio.ru/subscribe/oferta.pdf** на нашем сайте. После поступления денег на наш расчётный счёт Вы получите уведомление и будете получать журналы по мере их выхода на адрес электронной почты, указанный при регистрации в поле "E-mail". Информацию о дате отправки очередного номера читайте на главной странице нашего сайта (**www.radio.ru**). Если у Вас появились или появятся вопросы по электронной копии журнала, присылайте на адрес электронной почты **zakaz@radio.ru** письмо с вопросом.

Напоминаем, что продолжается конкурс "Лучшие публикации 2019 года". Приглашаем всех читателей стать заочными членами жюри этого конкурса. Напишите нам, какие, на Ваш взгляд, материалы, опубликованные в журнале "Радио" в 2019 г., заслуживают быть отмеченными премиями. В своих письмах указывайте, пожалуйста, фамилию автора, полное название статьи, номер журнала, в котором она опубликована, а также премию (первая, вторая, третья, поощрительная), которую заслуживает статья. Число указанных материалов не должно превышать восьми. Ваше мнение мы сможем учесть, если Вы отправите письмо не позднее **31 марта 2020 г.** (по почтовому штемпелю). Письмо можно направить и по электронной почте на адрес **mail@radio.ru** с обязательной пометкой в поле "Тема" — "Лучшие публикации 2019 года". По традиции читатели, назвавшие правильно не менее четырёх статей, признанных лучшими, получат наши призы.

Желаем всем читателям журнала "Радио" в наступающем году доброго здоровья, удачи и творческих успехов!

Редакция

Жизнь в обнимку с излучателем

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Проблема приготовления мозгов на ужин волнует всё мобильное человечество. Более всего беспокоит один вопрос: "Будут ли они тщательно пропечены или так и останутся сырыми?"".

(Энциклопедия здоровой пищи, 2029 г.)

В настоящее время мобильные телефоны (смартфоны) стали не только неотъемлемой частью современных телекоммуникаций, но и стилем жизни значительной части граждан во многих странах. В общем, эти устройства уже давно служат не только для того, чтобы поговорить. Другое дело, что именно во время разговора пользователь прикладывает радиопередатчик к голове, в которой у многих интересующихся данным вопросом находится мозг, не говоря уже о различных нервных центрах управления телом. И если в этот момент включена ещё функция Wi-Fi или Bluetooth, то излучение, скорее всего, увеличивается. Люди всегда склонны что-то подозревать, и потому споры о вреде излучения терминалов сотовой связи для здоровья человека возникли практически сразу после появления оных.

Вот так сотовые телефоны являются источниками постоянного стресса, однако порой бесполезно разъяснять, что получить куда более высокую дозу облучения можно, к примеру, просто погревшись на солнышке. По сути, излучение современных сотовых телефонов — это УВЧ и СВЧ электромагнитное излучение (диапазон частот 450...2700 МГц), которое прекрасно поглощается кожей, мягкими и мышечными тканями человека с результирующим выделением тепла. Поскольку излучение это, как правило, маломощное, мы этого нагрева не ощущаем. Сегодня подобное излучение окружает нас повсеместно и органами сертификации и здравоохранения считается безопасным для человека. Тем не менее сомнения в том, насколько это излучение безопасное, что ещё может быть им затронуто в организме, кроме нагрева тканей, всё ли исследовано в этой части передовыми умами человечества, остаются и порождают тревогу.

Соответственно во многих странах регулярно проводятся исследования, цель которых хоть как-то прояснить ситуацию и опытным путём доказать, существует ли это самое воздействие на организм. В свою очередь, обеспокоенные состоянием своего здоровья граждане регулярно проверяют на прочность представителей индустрии мобильной связи.

В 2008 г. некто Майкл Р. Беннет подавал иск в федеральный суд США в Калифорнии, обвиняя оператора T-Mobile, абонентом которого он является, а также компании Motorola и Samsung, чьими терминалами он пользовался, в своих проблемах со здоровьем. Проблемы выражались в потере слуха и головокружениях, которые, по его словам, возникли благодаря электромагнитному излучению. На это представитель компании Motorola заявил, что компания очень серьёзно относится к безопасности и здоровью клиентов, но до изучения всех подробностей не комментирует произошедшее. Samsung и T-Mobile отказались от комментариев. Похоже, эта история завершилась ничем, поскольку радиоизлучение всех устройств было в пределах установленных санитарных норм, а доказывать в американском суде, что эти нормы опасны, бывает себе дороже (можно получить встречный иск). Тем не менее, по мнению ряда медиков, основными симптомами неблагоприятного воздействия мобильного телефона на состояние здоровья являются головные боли, нарушение памяти и концентрации внимания, не проходящая усталость, депрессивные заболевания, боль и резь в глазах, прогрессивное ухудшение зрения. Однако, помимо мнений, хотелось бы и доказательств. И, минуточку, если вы выключили или выбросили сотовый телефон, а симптомы остались, — вы погорячились.

Пожалуй, наиболее значительным обвинением против производителей мобильных телефонов стал иск на 800 млн долл. против Motorola, поданный в 2002 г. Тогда окружной судья отказал в принятии иска из-за недостатка научных доказательств. В иске утверждалось, что электромагнитное излучение вызвало рак мозга у жены потерпевшего, любившей говорить часами по сотовому телефону. В целом производители оборудования уже давно научились отбиваться от подобных исков, оперируя полученными сертификатами, где указана безопасность данных устройств при соответствующем использовании.

Кстати, конкретный вред, который точно может нанести сотовый телефон, всё же был установлен. Более десяти лет назад в Германии было проведено исследование влияния мобильного терминала на людей с имплантированными кардиостимуляторами. В ходе него было выявлено, что таким людям стоит избегать ношения телефона вблизи от водителя ритма во избежание нарушения работы последнего. Особенно опасным сотовый телефон становится в режиме принятия/инициации вызова. Но сейчас речь не об этом частном случае.

Принимая во внимание обеспокоенность общественности и правительств, ВОЗ создала ещё в 1996 г. Международный проект по электромагнитным полям (ЭМП) для оценки научных данных о возможных неблагоприятных последствиях их воздействия на здоровье. В ходе своих программ научных исследований ВОЗ также периодически определяет приоритетные исследования, необходимые для заполнения пробелов в знаниях о влиянии радиочастотных полей на здоровье, и содействует их проведению. ВОЗ разрабатывает материалы для информирования населения и способствует проведению диалога между учёными, правительствами, промышленностью и общественностью для повышения уровня понимания потенциального неблагоприятного воздействия мобильных телефонов на здоровье. Пока ВОЗ считает, что результаты текущих исследований не выявляют необходимости применения особых мер предосторожности при работе с мобильными устройствами. Но, к примеру, электромагнитные поля, создаваемые мобильными телефонами, классифицируются Международным агентством по изучению рака (МАИР) как возможный канцероген для людей. Любые подозрения должны быть рассеяны, но в целом получается, что вред от мобильного терминала, возможно, не совсем миф, и уж поскольку постоянно исследуют, значит, что-то подозревают. А подозревают, судя по сообщениям СМИ, много чего, включая и болезнь Альцгеймера и даже суицид. Таким образом, обеспокоенность общественности радиоизлучением мобильных терминалов сохраняется, и несложно подозревать, что также велика заинтересованность индустрии мобильной связи в благоприятном исходе всяческих исследований в данной области, ибо на кону многие миллиарды долларов.

Что касается критериев, то энергия радиочастотного излучения определяется показателем, именуемым как удельный коэффициент поглощения электромагнитной энергии (SAR — Specific Absorption Rate). Уровень SAR показывает, сколько энергии электромагнитного поля поглощают ткани человеческого тела за одну секунду. Единица измерения излучения телефонов SAR — Вт/кг. Следовательно, глянув на уровень, указанный в техническом описании, пользователь может определить, насколько вероятно то, что гаджет ему навредит.



Значение SAR не является постоянным. В каждый конкретный момент уровень излучения зависит от множества факторов, прежде всего от качества связи. Как известно, радиус зоны обслуживания ячейки сотовой сети определяется не мощностью передатчика базовой станции (её можно сделать потенциально любой), а мощностью передатчика абонентского терминала, объём энергетических ресурсов в котором ограничен. Каждый абонентский терминал включает в свой состав систему автоматической регулировки, уменьшающую излучаемую мощность при приближении к базовой станции, в том числе и с точки зрения экономии энергетических ресурсов мобильного терминала. В общем, чем дальше от базовой станции и чем хуже связь, тем большее влияние абонентский терминал оказывает на организм. Стоит заметить, что величины SAR, указываемые в инструкциях для сотовых телефонов, подразумевают работу передатчика на полную мощность, когда, к примеру, вы находитесь в зоне неуверенного приёма. Значения SAR и расстояний тестирования при их измерении зависят от применяемых методов, типов устройств и того, работает ли функция Wi-Fi, но при этом наибольшее полученное значение представляется как итоговый результат теста.

Данные по удельному коэффициенту поглощения предоставляются для жителей стран, которые приняли ограничения его значений, рекомендованные Международной комиссией по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP) или Институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE). Международная комиссия по защите от неионизирующих излучений устанавливает ограничение для SAR до значения 2 Вт/кг для 10 г тканей, в то время как IEEE приводит это значение к 1,6 Вт/кг для 1 г тканей тела. Эти требования основаны на научных рекомендациях, включающих предельные безопасные значения, призванные гарантировать безопасность всех лиц, независимо от возраста и состояния здоровья.

Тесты на определение удельного коэффициента поглощения электромагнитного излучения проводятся согласно стандартной методике, при максимальной мощности сигнала передачи данных устройства (в соответствии со значениями производителя) на всём диапазоне частот и в любом положении тела и головы. Поскольку конструкция устройства позволяет использовать минимальную мощность сигнала, необходимую для доступа к сети, фактическое значение SAR может оказаться значительно ниже. Хотя показатели удельного SAR различны у разных устройств, все они разработаны в соответствии с заявленными требованиями к уровню радиочастотного излучения. Международные показатели интенсивности влияния излучения на организм человека гласят: очень низким считается значение SAR, не превышающее 0,25 Вт/кг, небольшим — 0,25...0,5 Вт/кг, средним — 0,51...1 Вт/кг и сильным — 1,01...2 Вт/кг. В свою очередь, ассоциация производителей оборудования для мобильной связи установила предельное значение для SAR — 1,6 Вт/кг. Все телефоны, имеющие значение выше, занесены в категорию опасных для здоровья (из уважения к производителям мы не будем приводить здесь таблицы SAR с моделями телефонов, которыми полон Интернет).

В Финляндии существует Центр по радиационной и ядерной безопасности (STUK), который в том числе занимается исследованиями излучений мобильных телефонов и их влиянием на человека. Ежегодно STUK проводит тестирования 15 произвольных моделей телефонов на их соответствия стандартам. Суть исследований заключается в следующем. Макет человеческого тела заполняется веществом, по своим параметрам близким к тканям человека. Телефон, на максимальной мощности излучения, позиционируется около "головы" макета. Рука робота описывает определённую траекторию, с изменением положения телефона и на разных частотах. Результаты излучения преобразуются в значения SAR и сохраняются. Измерения проводятся отдельно для головы и отдельно для остальных частей тела.

Нормирование микроволнового излучения мобильных телефонов основано на тепловом эффекте. Во время разговора антенна — основной источник излучения в мобильном телефоне, находится в считанных сантиметрах от головы пользователя. И часть энергии, предназначенной для передачи в эфир, поглощается головным мозгом человека, из-за чего температура отдельных участков может повышаться, правда, очень незначительно. Но, как утверждают врачи, этот факт всё равно способен отразиться на здоровье. Собственно, поэтому и были разработаны соответствующие стандарты.

Поскольку организм человека в основном состоит из воды, а её молекулы способны "впитывать" энергию излучения в ВЧ-диапазоне и превращать её в тепло, внимание исследований было сконцентрировано на этом факте. Опытным путём было доказано, что в процессе жизнедеятельности температура тканей мозга может увеличиваться на один градус Цельсия без каких-либо последствий. Повышение на большую величину может влиять на здоровье. Кстати, температурное воздействие сильно зависит от положения телефона относительно головы, биологических параметров организма и возраста.

Коэффициент SAR и был рассчитан исходя из этих показателей. В Европе безопасным признан уровень 2 Вт/кг для головы и 4 Вт/кг для других частей тела. При этом показателе температура в тканях увеличивается не более чем на 0,3 °С, что не несёт вреда организму. Тем не менее уже при таком увеличении температуры обнаружено разрушение белковых цепочек, но учёные не связывают этот факт и воздействие на здоровье.

Интересно, что в мире не существует единой методики измерения SAR. Так, в Европе удельное поглощение рассчитывается по стандарту CENELEC, а в США — согласно стандарту ANSI IEEE C95.1. Основные отличия между ними состоят в том, что по европейскому стандарту допускается усреднение значения SAR на плюс/минус 10 г живой ткани, а в США — всего на 1 г. К тому же по американскому стандарту в формулу расчёта удельного поглощения закладывается длительность облучения пользователя, равная 30 мин, в то время как по европейскому — 6 мин. Эти расхождения приводят к тому, что величина SAR для одной и той же модели мобильного телефона, полученная в лабораториях по разные стороны океана, отличается одна от другой в несколько раз. К примеру, европейское значение SAR для аппарата Motorola T720i — 0,93 Вт/кг, а американское — 1,53 Вт/кг. Поэтому американский стандарт считается более жёстким.

В РФ принято измерять плотность потока электромагнитного излучения, который создаётся при работе мобильного телефона. Он определяется в микроваттах на квадратный сантиметр. Эта величина выражает излучение исходя из мощности самого телефона. Иными словами, используется не относительный показатель SAR, а используется прямая величина плотности потока мощности, которую излучает телефон. Специфика SAR заключается и в том, что поглощение рассчитывается по среднему значению плотности тканей головного мозга, но у каждого человека это индивидуальный показатель, который зависит от размера головы, возраста, состояния здоровья и т. д. Несомненно, важнее знать, какая максимальная мощность излучения у мобильного телефона и какие могут быть последствия для человека, причём для самого слабого (как это положено по правилам гигиены). Максимальное значение плотности потока энергии телефона достигается только в момент его соединения с базовой станцией, после чего она в большинстве случаев уменьшается в 3...4 раза. Предельное значение плотности потока, согласно отечественному ГОСТу для всех случаев облучения, — 200 мкВт/$см^2$ в течение часа, именно им определяется допустимое время использования телефона без ущерба для здоровья. Величину SAR нельзя напрямую пересчитывать в российские стандарты. Это делается лабораторным путём. Но эксперты признают, что в РФ ещё более жёсткие требования к нормам излучения, нежели в Европе и США.

Итак, самыми разными экспертами до сих пор точно не определено, влияют ли мобильные устройства на человеческий организм вообще. В частности, не найдено доказательств прямого воздействия излучения мобильных телефонов на ткани человека, приведшего к разрушению молекул ДНК или ионизации тканей. Но неопределённость в данном случае даже хуже, поэтому медики и журналисты пугают особо активных пользователей отмиранием клеток и образованием раковых опухолей. О том, какие симптомы возникают при облучении, можно узнать из **таблицы**.

Ну а мы позволим себе построить ещё немного предположений по части

вреда здоровью мобильных терминалов, которые можно почерпнуть из множества информации, посвящённой данному вопросу.

Прежде всего, как только мы совершаем или принимаем звонок на свой мобильный терминал, уже с пятнадцатой секунды разговора можно начинать фиксировать угнетение мозговых ритмов. За этим следует повышение температуры уха и барабанной перепонки и одновременно того участка головного мозга, который к ним примыкает. Кстати, не стоит надеяться, что проводная гарнитура снижает уровень облучения. Она, наоборот, работает как дополнительная антенна, воткнутая непосредственно в ухо. Поэтому беспроводная гарнитура в этом отношении гораздо более безопасна, поскольку работает в стандарте Bluetooth, использующем относительно небольшие мощности сигнала.

В 1996 г. была опубликована научная работа, посвящённая расчётам поглощения электромагнитного излучения структурами головного мозга, американских исследователей Gandhi O., Lazzi G. и Furse C. В ней говорилось о том, что если для взрослых глубина проникновения излучения равна примерно 37 мм (захватывает около 15 % мозговых структур), то для детей и подростков она уже намного больше. Так, для ребёнка пяти лет зона охвата составляет до 80 % структур головного мозга, а для подростков — до 60 %. Следовательно, разговаривая по мобильному телефону, ребёнок подвергает электромагнитному излучению практически весь мозг, что неизбежно влечёт изменение "физиологического ответа".

В начале 2000-х годов шведскими учёными был проведён эксперимент, в результате которого выяснилось, что даже две минуты разговора по телефону способны повредить гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), и он не будет восстановлен в течение целого часа после того, как мы положим трубку. ГЭБ — это преграда между капиллярной кровью и нейронами центральной нервной системы, через которую не проходят токсины и многие лекарства. Ни для кого не является секретом, что организм должен поддерживать постоянство своей внутренней среды, или гомеостаз, затрачивая для этого энергию, иначе он не будет отличаться от неживой природы. Так, кожа защищает наш организм от внешнего мира.

Не секрет, что половая дисфункция обычно напрямую связана с тем, как работают нейроэндокринная и нервная системы. Членами Американского общества репродуктивной медицины (ASRM) было доказано, что мобильное устройство крайне негативно воздействует на репродуктивную систему как мужчин, так и женщин. Было обследовано свыше трёхсот мужчин, и у активных пользователей мобильного оборудования (минимум 4 ч в день) сперма была худшего качества, чем у остальных исследуемых, а количество сперматозоидов меньше. Аналогичные результаты принесли исследования одного венгерского университета, где на протяжении более года велись наблюдения за двумя сотнями мужчин с такими же результатами. При этом исследуемые не только разговаривали, но и просто носили аппарат в кармане брюк.

Не менее серьёзным оказался и вред мобильного телефона для женщин, которые проводят за разговорами бо́льшую часть своего дня. Последствия включают в себя рождение детей с врождёнными пороками, преждевременные роды, выкидыши и т. д. На территории некоторых государств беременным женщинам и вовсе запрещается пользоваться мобильными устройствами.

Мобильные устройства оказывают отрицательное влияние и на наше зрение. И дело тут не только в том, что глаза устают от яркого сенсорного экрана, а глазные мышцы испытывают сильное напряжение. Электромагнитное излучение воздействует на кровообращение, что негативно сказывается на хрусталике и может даже приводить к его помутнению и прочим отрицательным последствиям, не говоря уже о повышении давления.

Уровень SAR, Вт/кг	Биологический эффект
Менее 1	Нет никаких последствий для здоровья
2	Температура тканей возрастает на 0,3 °С и держится продолжительное время
10	Температура тела повышается до 37 °С, человек чувствует жар
50...100	Высокий риск получить значимое повреждение тканей, например ожог

В прошлом году Национальная токсикологическая программа США (NTP) подвела окончательные итоги эксперимента по исследованию эффектов облучения электромагнитным полем сотовых телефонов стандартов 2G и 3G. Согласно официальному сообщению, в ходе этого эксперимента однозначно выявлена достоверная связь между таким облучением и возникновением особой опухоли сердца у самцов крыс. Кроме того, у самцов крыс также крайне велика вероятность развития одной из опухолей мозга (по классификации NTP вероятность её развития обозначена, как "есть некоторые доказательства"). Случаи развития рака у самок крыс и у мышей по принципам NTP признаны менее достоверными, они обозначены как "неоднозначные доказательства". Таким образом, завершён первый этап многолетней программы, начало которой было положено в 1999 г. и только напрямую на неё потрачено более 30 млн долл.

Очевидно, автоматически перенести эти результаты на человека невозможно, они получены при тотальном облучении грызунов, в условиях экспозиции ЭМП с радиочастотами, существенно превышающими реальные уровни мощности. Однако нужно отметить, что при планировании этого эксперимента возможность проявления онкологических заболеваний рассматривалось, как крайне маловероятная. То есть в 1999 г., когда начиналось исследование, никто не ожидал такого, и вот когда были получены результаты, выяснилось, что рак, к сожалению, возможен. Получив данную информацию, ВОЗ разослала всем членам своего научно-консультативного комитета точку зрения NTP как опорную. Ожидается, что результаты будут предметом специального рассмотрения в ВОЗ. Одним словом, ситуация видится не столь безопасной, как это представлялось 20...25 лет назад.

Здесь уместно вспомнить, что официальная процедура признания табака как канцерогена, заняла около 30 лет. Хотя, казалось бы, эмпирических данных было гораздо больше, и они были более очевидными. Но даже при этом производителям сигарет удавалось отражать атаки, пока не был показан в деталях механизм канцерогенного действия табачного дыма.

Кстати, выше речь шла не об электромагнитном поле радиочастот вообще, а именно об ЭМП ручных устройств (мобильные телефоны, планшеты и т. п.), т. е. то, что облучает ближним полем антенны и находится на расстоянии менее 30 см от тела. А в NTP уже готовят новый эксперимент, более пригодный для его экстраполяции на человека, причём с использованием новых перспективных стандартов связи, в том числе 5G (напомним, что в 5G диапазон рабочих радиочастот может составлять от 400 МГц до 80 ГГц).

Итак, впервые рак получен в результате эксперимента на живом объекте, полученные данные — достоверные. Это имеет очень большое значение для радиобиологии, так как, отталкиваясь от достоверных данных, можно моделировать кривую "доза/эффект", чтобы лучше понимать, как уменьшить экспозицию ЭМП мобильных телефонов и других гаджетов, или чтобы оказывать в эксперименте строго локальное воздействие на определённые зоны (мозг, сердце и т. д). Получив такую кривую, открывается возможность для выяснения механизма канцерогенного влияния. В итоге сегодня усиливаются позиции учёных, доказывающих связь между ЭМП мобильных терминалов и онкологией.

Тем временем завершён или продолжается целый ряд масштабных многонациональных эпидемиологических исследований, изучающих некоторые ожидаемые результаты в отношении здоровья среди взрослых людей. Самое значительное на сегодняшний день ретроспективное исследование методом "случай—контроль" среди взрослых людей, под названием Интерфон, координируемое МАИР, было предназначено для выявления связей между пользованием мобильными телефонами и опухолями в области головы (глиома и именингиома) у взрослых людей. Международный общий анализ данных, собранных в 13 участвовавших в исследовании странах, не показал какого-либо повышенного риска разви-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2019

тия глиомы, связанного с пользованием мобильными телефонами на протяжении более чем десяти лет. Правда, существуют некоторые признаки повышенного риска развития глиомы у людей, сообщающих о самом высоком показателе пользования мобильными телефонами, составляющем 10 % кумулятивных часов, однако последовательной тенденции повышения риска по мере увеличения продолжительности пользования не выявлено. Исследователи пришли к выводу, что погрешности и ошибки ограничивают надёжность этих заключений и не позволяют сделать причинную интерпретацию. Основываясь в значительной мере на этих данных, МАИР классифицировала радиочастотные поля как возможный канцероген для людей (группа 2В), т. е. как категорию, используемую в случаях, когда взаимосвязь считается надёжной, но нельзя с разумной уверенностью исключать случай, погрешность или смешивание.

Очевидно, что вышесказанное напомнит кому-нибудь слова известной песни "Всё хорошо, прекрасная маркиза", потому что, с одной стороны, с начала массового использования сотовых сетей минуло ещё слишком мало времени, чтобы делать окончательные выводы о реальном вреде мобильной связи, а с другой — есть подозрения, и они не рассеяны. К тому же, как указывают специалисты, измерения SAR на расстоянии 10 мм или 2 мм от головы дают слишком разные показания, чтобы усиливать нашу тревогу, в том числе за детей. И следует понимать, что сегодня в мире существует слишком много мощных субъектов, финансово не заинтересованных в исследованиях, о которых здесь шла речь. Тем более, что терминал, обладающий большей мощностью, позволяет получать и лучшее качество связи, а значит, люди к нему потянутся, забыв о некоторых технических характеристиках.

По материалам ***cnews, habr.com, obozrevatel.com, aif.ru, rozetked.me, overclockers.ru, setphone.ru, spasibovsem.ru, getgadget.net, hitech.vesti.ru, mob-mobile.ru, mxsmart.ru, iz.ru***

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. К сети городов вещания радиостанции "Love Radio" присоединился г. Бийск, частота вещания — 105,7 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/6594.htm** (23.10.19)).

ВЛАДИМИРСКАЯ ОБЛ. 8 октября филиал РТРС "Владимирский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Радио России" на частоте 88,9 МГц в г. Александрове. Запуск прошёл в соответствии с плановой модернизацией сети радиовещания ВГТРК.

Передатчик мощностью 100 Вт обеспечивает сигналом жителей г. Александрова и Александровского района (источник — URL: **https://vladimir.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-rossii-v-aleksandrove-v-fm-diapazone/** (23.10.19)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. К региональной сети радиостанции "Радио Дача" присоединилось с. Ермаковское, частота вещания — 101,5 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/6632.htm** (23.10.19)).

МОРДОВИЯ. 3 октября в г. Саранске началось вещание радиостанции "Love Radio" на частоте 91,6 МГц (источники: **http://www.krutoymedia.ru/news/6626.htm** и **https://vk.com/radioitvvmordovii?w=wall-174056299_114** (23.10.19)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. К сети вещания "Радио Дача" в начале октября присоединился г. Чехов, частота вещания — 94,2 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/6610.html** (23.10.19)).

МУРМАНСКАЯ ОБЛ. 3 октября филиал РТРС "Мурманский ОРТПЦ" начал трансляцию "Радио России" в пос. Приречном на частоте 105,6 МГц, а 1 октября начата трансляция программ этой же станции в посёлках городского типа Зеленоборском (100,5 МГц), Туманном (102,7 МГц) и Умбе (102,3 МГц).

Вещание "Радио России" ведётся с включением региональных врезок ГТРК "Радио Мурман". Трансляция "Радио России" в диапазоне OIRT (65,9...74 МГц) в Туманном, Умбе и Приречном прекращена (источник — URL: **https://murmansk.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-radio-rossii-v-fm-diapazone-v-zelenoborskom-tumannom-umbe-pr/** (23.10.19)).

С 7 октября настроиться на радиостанцию "Серебряный Дождь" смогут и жители г. Апатиты. Радиостанция начнёт своё вещание на частоте 100,1 МГц (источник — URL: **https://www.silver.ru/events/SerebryanyyDozhdnachnetveshchanievApatitakh/** (23.10.19)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. С 1 октября в пгт Воротынец началось вещание "Радио России" ежедневно с 5.00 до 1.00 (время местное) на частоте 102,2 МГц.

На сегодняшний день, кроме московского контента, в эфире широко представлены и нижегородские программы: новости, публицистика, музыкальные программы и ток-шоу. "Радио России" в Нижнем Новгороде унаследовало богатые архивные фонды Областного радио, среди которых есть редкие записи знаменитых писателей, учёных, театральные постановки и концерты. Всё это также используется для производства современных программ, что делает их уникальными (источник — URL: **https://vk.com/gtrknn?w=wall-56536799_27452** (23.10.19)).

ОРЛОВСКАЯ ОБЛ. В первой декаде октября в г. Орле зазвучала радиостанция "Relax FM" на частоте 96,2 МГц. Отныне жители города могут насладиться спокойной, мелодичной музыкой, которая станет хорошим фоном и для работы, и для отдыха.

Радиостанция также вещает в городах Москва, Казань, Симферополь, Воронеж, Саратов, Алушта, Джанкой, Судак, а внедрение digital-технологий делает её доступной по всему миру. На "Relax FM" нет диджеев и новостей, в эфире — только музыка. Сайт станции <**http://www.relax-fm.ru/**> (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/news-page/uid/17697** (23.10.19)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. 1 октября филиал РТРС "Пермский КРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Маяк" в г. Березники на частоте 101,9 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт. Трансляция стала возможной благодаря программе модернизации и развития сети вещания ВГТРК. Ранее радиостанция "Маяк" вещала в CCIR-диапазоне (87,5...108 МГц) только в г. Перми (источник — URL: **https://perm.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-mayak-v-bereznikakh-v-fm-diapazone/** (23.10.19)).

Радиостанция "Радио Привет" зазвучала в г. Краснокамске в первых числах октября на частоте 94,5 МГц. Круглые сутки в эфире современные хиты и музыкальные приветы из 80-х и 90-х годов (источник — URL: **https://vk.com/radioprivet?w=wall-95935343_2963** (23.10.19)).

ПСКОВСКАЯ ОБЛ. 2 октября филиал РТРС "Псковский ОРТПЦ" начал трансляцию радиостанции "Хорошие песни для хороших людей" в г. Пскове. Вещание ведётся на частоте 90,7 МГц. Передатчик мощностью 200 Вт обеспечивает сигналом жителей Пскова и окрестностей (источник — URL: **https://pskov.rtrs.ru/tv/analog/rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-khoroshie-pesni-dlya-khoroshikh-lyudey-v-pskove-v-fm-diapazo/** (23.10.19)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Дон-ТР" расширяет зону действия в регионе: с 26 сентября самые оперативные новости можно услышать в г. Волгодонске. На частоте 91,4 МГц начинает вещание канал "Вести FM". С 8 ч до 18 ч за три минуты до конца каж-

---

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

дого часа о главном расскажет информационная служба радио "Дон-ТР" (источник — URL: **http://dontr.ru/novosti/uslyshat-v-volgodonske-radio-don-tr-rasshiryaet-zonu-veshchaniya/** (23.10.19)).

САМАРСКАЯ ОБЛ. В г. Самаре с 23 сентября начала вещание радиостанция "Радио Книга" на частоте 88,2 МГц. На её запуск ушло более трёх лет. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **https://vk.com/samara_fmtv?w=wall-18663493_45275** (23.10.19)).

САРАТОВСКАЯ ОБЛ. С 1 октября на частоте 107,8 МГц в городах Балаково и Вольске начало вещание "Радио Рекорд" вместо ранее работавшей здесь радиостанции "Европа Плюс" (источник — URL: **https://vk.com/radiosaratov?w=wall-28526072_20600** (23.10.19)).

ТАМБОВСКАЯ ОБЛ. В Тамбове введён в эксплуатацию радиовещательный передатчик на частоте 95,9 МГц. Ввод в эксплуатацию радиовещательного передатчика обеспечит эфирное вещание радиоканалов "Юмор FM" и "Радио Тамбовской области Новый век" на территории г. Тамбова и Тамбовского района (источник — URL: **https://vk.com/fmtv68?w=wall-109367953_2148** (23.10.19)).

ТАТАРСТАН. ОАО "Татмедиа" 30 сентября победило в конкурсе на получение права осуществлять наземное эфирное вещание на частоте 98,6 МГц. Там появится новая татароязычная радиостанция "Китап".

Радио "Китап", в эфире которого будут транслировать аудиокниги, спектакли и классическую музыку, получило собственную частоту. Планируется, что вещание начнётся в течение 14—15 месяцев (источник — URL: **https://radioportal.ru/news/radio/v-kazani-poyavitsya-novaya-radiostanciya-na-tatarskom-yazyke** (23.10.19)).

ТЮМЕНСКАЯ ОБЛ. С 1 октября радиостанцию "Energy FM" можно услышать в г. Тюмени, вещание осуществляется на частоте 96,6 МГц (источник — URL: **http://www.gpmradio.ru/news-page/uid/17645** (23.10.19)).

ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АО. С 7 октября радиостанция "Серебряный Дождь" возобновляет вещание в г Ханты-Мансийске. Станция начнёт свою работу на частоте 102 МГц (источник — URL: **https://www.silver.ru/events/SerebryanyyDozhdvozvrashchaetsyavKHantyMansiysk/** (23.10.19)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ГЕРМАНИЯ/РОССИЯ. Радиостанция "Голос Анд" (HCJB) в зимнем сезоне планирует использовать более низкую частоту по сравнению с предыдущими годами. Это связано с плохим прохождением на высокочастотных диапазонах в середине зимы. "Голос Анд" будет в эфире на частоте 9500 кГц с 15.30 до 16.30 по субботам с использованием 100-киловаттного передатчика в Nauen (Германия). Ранее станция использовала передающий центр в Moosbrunn (Австрия). Первые 30 мин вещание идёт на русском языке, следующие полчаса — на чеченском (источник — информация от главного редактора станции).

ИСПАНИЯ. В связи с переходом на зимнее время с 27 октября "Radio Exterior de Espaca" (REE) меняет свои радиовещательные частоты на коротких волнах.

Вещание на русском языке запланировано на частоте 12030 кГц с 18.00 по 30 мин по понедельникам, средам и пятницам. Антенна ориентирована на Ближний Восток, поэтому программы хорошо будут слышны на юге и частично в центре России (источник — URL: **http://www.rtve.es/radio/20191008/cambio-hora-cambio-frecuencias/1980932.shtml** (23.10.19)).

КОРЕЯ. Часовые передачи "KBS World Radio" на русском языке будут выходить в эфир ежедневно с 12.00 до 13.00 на частоте 1170 кГц, с 13.00 до 14.00 — на частоте 9645 кГц и с 18.00 до 19.00 — на частоте 6040 кГц.

Приём часовой передачи соответствующего дня доступен с сайта станции в Интернете в круглосуточном режиме на канале Win.K24. Обновление передачи происходит ежедневно в 11.00 по Гринвичу (источник — URL: **http://world.kbs.co.kr/service/program_notice_view.htm?lang=r&procode=one&bbs=one_notice&no=32903** (23.10.19)).

РУМЫНИЯ. "ИнтерРадио Румыния" на русском языке в зимнем сезоне вещает с 05.30 до 05.56 на частотах 5940 и 7330 кГц; с 14.00 до 14.56 — на частотах 5945 и 7445 кГц; с 16.00 до 16.26 — на частотах 6030 DRM, 7290 кГц.

Аббревиатура DRM обозначает вещание в DRM-формате (источник — URL: **https://www.rri.ro/ru_ru/05_10_2019-2605074** (23.10.19)).

"ИнтерРадио Румыния" на украинском языке в зимнем сезоне вещает с 6.00 до 16.30 и с 18.00 до 18.30 на частоте 5955 кГц; с 20.00 до 20.30 — на частоте 5930 кГц (источник — URL: **https://www.rri.ro/uk_uk/Частотний_розклад_передач_українською_мовою_ВСРР-263** (23.10.19)).

ТУРЦИЯ. "Голос Турции" на русском языке в зимнем сезоне, как и в прошлом году, в эфире один раз в день с 14.00 до 15.00 на частоте 9410 кГц. Мощность передатчика — 500 кВт (источник — URL: **https://www.trt.net.tr/russian/content/Chastoty** (23.10.19)).

ЭСТОНИЯ. В конце декабря 2019 г. предстоит закрытие Санкт-Петербургской студии "ТрансМирового радио" и связанное с этим прекращение средневолнового вещания этой радиостанции из Эстонии на частоте 1035 кГц (владелец частоты — радиостанция "Семейное радио Эли"). Вещание на частоте 999 кГц той же радиостанции, через Григориополь, Приднестровье, будет увеличено (собственная информация).

В связи с происходящими событиями "Семейное радио Эли" опубликовало обращение: "Дорогие братья и сёстры, сообщаем вам, что с января 2020 г. "Трансмировое радио" закрывает свою студию в Санкт-Петербурге и прекращает вещание на средних волнах 1035 кГц. Поскольку треть бюджета "Семейного радио Эли" составляет вклад "Трансмирового радио", вся работа "Семейного радио Эли" оказывается под угрозой прекращения (источник — URL: **http://radioeli.ru/?p=3305** (23.10.19)).

Хорошего приёма и 73!

Ламповый стереофонический усилитель-цирклотрон

В. ВОЛОДИН, г. Бурбах, Германия

Блок питания

Для питания выходных каскадов усилителя требуются четыре раздельных источника напряжения 160 В, каждый из которых рассчитан на ток нагрузки 92 мА. Для питания предварительного усилителя требуется источник напряжения 430 В (43 мА). Для питания цепей смещения выходного каскада требуется источник напряжения 150 В (8 мА). Для питания накалов ламп требуется источник напряжения 6,3 В, рассчитанный на ток 13,6 А. Суммарная мощность всех источников — около 165 Вт, и половина этой мощности затрачивается на питание накалов.

Как уже говорилось ранее, для питания усилителя было решено использовать импульсный БП, построенный на базе резонансного LLC-преобразователя. Такой преобразователь имеет низкий уровень генерируемых помех, а также позволяет производить групповую стабилизацию нескольких напряжений. Схема БП показана на **рис. 1**.

Для управления преобразователем используется популярная микросхема управления LLC-преобразователем FAN7621 (DA1) производства компании Fairchild. Эту микросхему можно найти

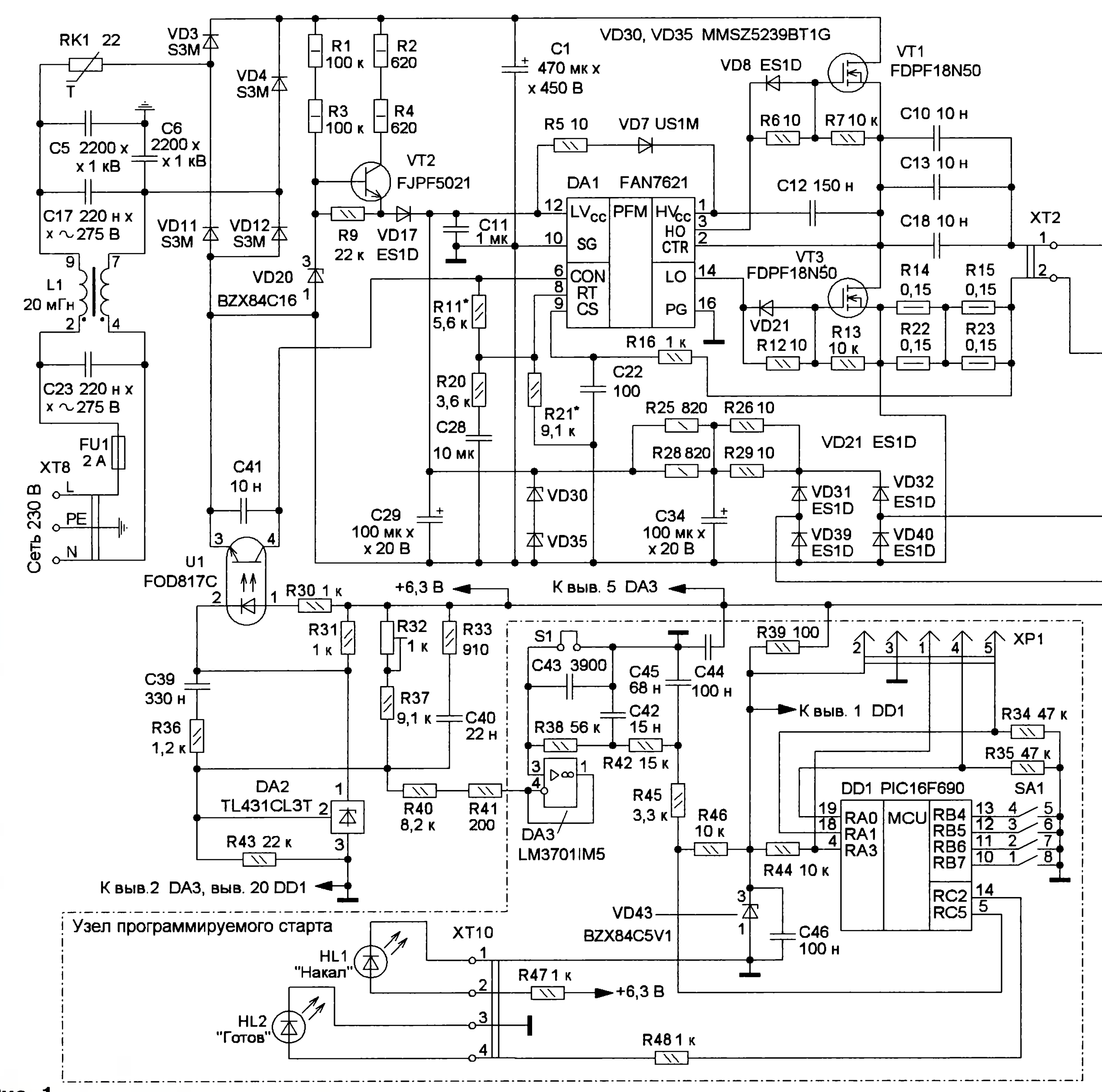
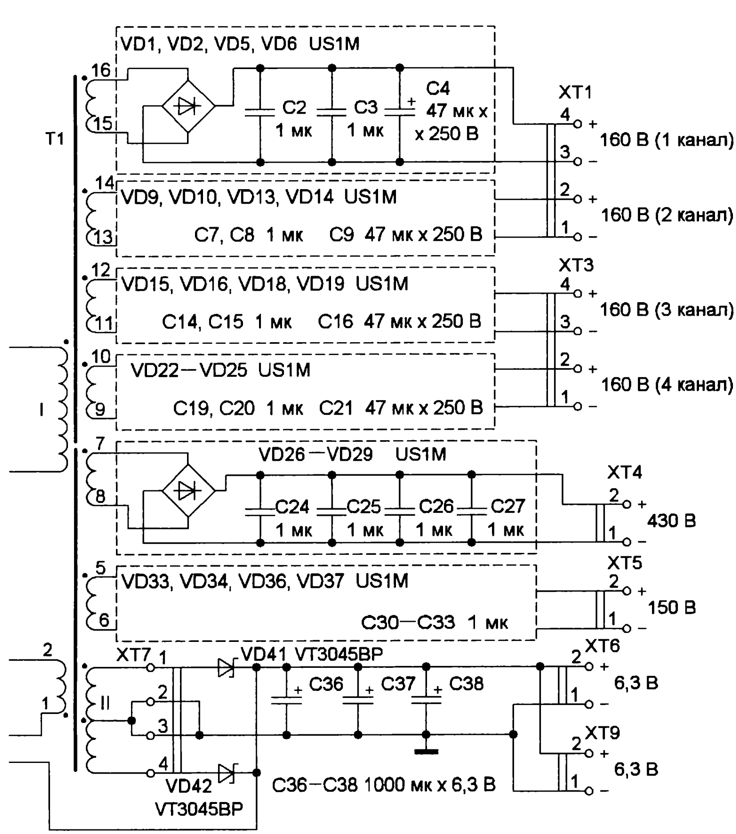


Рис. 1

Окончание. Начало см. в "Радио", 2019, № 11

во многих отслуживших своё телевизорах и компьютерных мониторах.

Источник питания подключается к бытовой сети 230 В через сетевую евровилку, имеющую клемму заземления и соответствующий трёхпроводный шнур с вилкой. Шнур подключают к клемме XT8. Далее сетевое напряжение через предохранитель FU1, фильтр C23L1C17C5C6 и терморезистор RK1 поступает на выпрямительный мост, собранный на диодах VD3, VD4, VD11 и VD12. Термистор RK1 служит для ограничения зарядного тока конденсатора C1, который возникает в момент первоначального включения в сеть. Этот конденсатор C1 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения примерно до 3,5 %. Пульсации с частотой, равной удвоенной частоте сетевого напряжения, обычно хорошо прослушиваются через акустические системы, заметно уменьшая динамический диапазон усилителя. Но в нашем случае резонансный LLC-преобразователь осуществляет активную стабилизацию выходных напряжений, одновременно снижая и пульсации в выходных напряжениях. Так пульсации в анодных напряжениях снижаются до 0,08 % (более чем в 40 раз), а в напряжении накала — до 0,4 % (почти в десять раз).



После подачи сетевого напряжения необходимо обеспечить низковольтное питание микросхемы DA1. Первоначально это питание осуществляется от стартового узла, собранного на элементах R1—R4, R9, VD17, VD20, VT2 и представляющего параметрический стабилизатор на стабилитроне VD20 с эмиттерным повторителем на транзисторе VT2. Стартовый узел формирует напряжение 16 В, достаточное для нормальной работы микросхемы DA1, имеющей порог включения 14,5 В. Напряжение с эмиттера VT2 через диод VD17 поступает на вывод 12 (LV_{CC}) микросхемы DA1 и на сглаживающие конденсаторы C11 и C29. Зарядный ток этих конденсаторов ограничивают резисторы R2 и R4, включённые в цепь коллектора транзистора VT2.

После запуска преобразователя питание микросхемы DA1 осуществляется от обмотки 1-2 трансформатора T1. Переменное напряжение этой обмотки выпрямляет диодный мост VD31VD32VD39VD40, и далее постоянное напряжение через RC-фильтр R26R29C34 поступает на параметрический стабилизатор R25R28VD30VD35, формирующий напряжение +18,2 В, которое используется для питания микросхемы DA1. Это напряжение смещает в обратном направлении и закрывает диод VD17 и транзистор VT2. В результате этого стартовый узел переходит в режим минимального потребления тока. В этом режиме ток протекает только через резисторы R1, R3 и стабилитрон VD20.

Микросхема FAN7621 (DA1) имеет встроенный драйвер для управления КМОП транзисторами VT1 и VT3 полумоста LLC-преобразователя. Питание верхнего транзистора полумоста VT1 осуществляется от общего источника питания микросхемы (бутстрепный вид питания). Принцип такого питания заключается в том, что накопительный конденсатор C12, от которого собственно драйвер и питается, в момент открытого состояния нижнего транзистора VT3 полумоста подзаряжается с вывода питания LV_{CC} микросхемы DA1 через цепочку R5VD7. Управляющее напряжение с выходов микросхемы DA1 подаётся на затворы транзисторов VT1, VT3 через резисторы R6, R12. Параллельно этим резисторам включены диоды VD8 и VD21, которые закрыты в момент открывания соответствующего транзистора. В момент закрывания транзистора диод открывается и шунтирует "свой" резистор, что способствует ускорению процесса переключения. Таким образом снижается вероятность протекания сквозного тока через транзисторы VT1, VT3.

Первичная обмотка трансформатора T1 подключена непосредственно к клеммной колодке XT2. В свою очередь, эта колодка подключена к выходу преобразователя через контурный конденсатор $C_К$, собранный на конденсаторах C10, C13 и C18, и токоизмерительный шунт на резисторах R14, R15, R22, R23. Контурный конденсатор включён последовательно с индуктивностью рассеяния $L_Р$ и индуктивностью намагничивания $L_Н$ трансформатора T1 и образует с этими индуктивностями последовательный колебательный контур, настроенный на частоты 100 кГц и 40 кГц (приблизительно). Именно эта особенность подчёркивается в названии резонансного LLC-преобразователя, имеющего резонансную цепь, состоящую из двух индуктивностей и одного конденсатора (**рис. 2**).

Передаточная характеристика этой LLC-цепи имеет пик на частоте 40 кГц и понижается при повышении частоты. Следовательно, меняя частоту переменного напряжения на выходе полумоста, можно изменять коэффициент передачи LLC-преобразователя и тем самым осуществлять регулировку выходных напряжений.

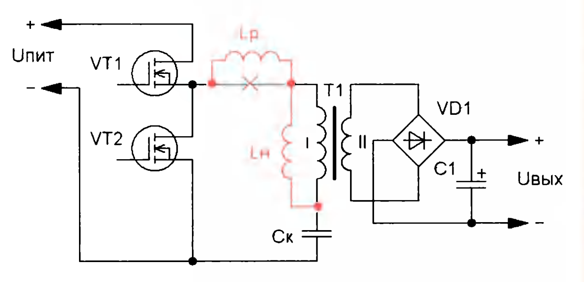


Рис. 2

Для стабилизации выходных напряжений источника питания необходимо использовать специальный регулятор, который будет измерять выходное напряжение и приводить его к нормальному значению, воздействуя на рабочую частоту LLC-преобразователя. Так как он позволяет реализовать

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

групповую стабилизацию нескольких напряжений, достаточно стабилизировать какое-то одно из напряжений (ведущий канал) для того, чтобы остальные (ведомые каналы) следовали за ним. При выборе такого канала необходимо учитывать его нагрузку, а также периодичность использования. Желательно, чтобы ведущий канал отдавал максимальную мощность и был регулярно нагружен. Всем этим требованиям соответствует канал стабилизации напряжения накала. Он постоянно и стабильно нагружен, а также отдаёт половину общей мощности БП.

Обмотка накального напряжения II трансформатора Т1 подключена непосредственно к клеммной колодке ХТ7. Крайние выводы этой обмотки подключены к клеммам 1, 4, а средняя точка — к клеммам 2, 3. Обмотка рассчитана на работу с двухполупериодным выпрямителем со средней точкой, выполненным на диодах Шоттки VD41 и VD42. Конденсаторы С36—С38 с суммарной ёмкостью 3000 мкФ образуют сглаживающий фильтр.

Стабилизация напряжения накала +6,3 В осуществляется с помощью узла, в основе которого лежит регулируемый параллельный стабилизатор DA2. Резисторы R32, R37, R40, R41, R43 образуют измерительный делитель напряжения. Подстроечный резистор R32 служит для установки точного значения напряжения. С помощью RC-цепей R36C39 и R33C40 осуществляется частотная коррекция регулятора. Оптопара U1 служит для гальванической развязки узла регулятора и микросхемы контроллера DA1, находящейся под сетевым напряжением.

Выходное напряжение накала +6,3 В через измерительный делитель напряжения поступает на вход управления микросхемы DA2, где сравнивается с внутренним источником образцового напряжения этой микросхемы — +2,5 В. Если напряжение накала больше требуемого, ток через микросхему DA2, а значит, и излучающий диод оптопары U1 увеличивается. При этом транзистор оптопары U1 открывается больше, и ток через управляющий вход CON микросхемы DA1 увеличивается, что приводит к повышению частоты преобразования. При этом коэффициент передачи LLC-преобразователя снижается, что приводит к снижению и, как следствие, нормализации напряжения накала. В случае уменьшения напряжения накала всё происходит в обратном порядке.

Подборкой резистора R21 устанавливают минимальную частоту преобразователя, которая, в данном случае, должна быть более 40 кГц. Резистор R11 задаёт максимальную частоту преобразования. Цепь R20C28 повышает рабочую частоту преобразователя и служит для его мягкого старта.

С помощью токоизмерительного шунта на резисторах R14, R15, R22 и R23 контролируется ток первичной обмотки трансформатора. Если минусовая амплитуда этого тока в течение >1,5 мкс превышает абсолютное пороговое значение 3,87 А (−0,58 В на входе CS микросхемы DA1), преобразователь отключается и перезапускается с последующим мягким стартом. Если же минусовая амплитуда этого тока в течение >50 нс превышает абсолютное пороговое значение 6 А (−0,9 В на входе CS микросхемы DA1), преобразователь отключается и блокируется в этом состоянии. В этом случае перезапустить его можно, только отключив от сети с последующим повторным подключением.

Программируемый старт преобразователя

Сопротивление нитей накала, подогревающих катоды электронных ламп, имеет сильную температурную зависимость. В непрогретом состоянии их сопротивление в несколько раз меньше сопротивления в нагретом состоянии. Например, в "холодном" состоянии сопротивление нити накала лампы 6Н13С — 0,4 Ом, а в разогретом — 2,5 Ом. Если на накал электронной лампы сразу подать номинальное напряжение 6,3 В, он нагреется за 20...30 с, но при этом подвергнется сильной тепловой перегрузке, что отрицательно скажется на сроке службы катода. Кроме этого, многократной перегрузке по току подвергается источник накального напряжения.

Подача высокого напряжения на не прогретую лампу также снижает ресурс катода. Обычно в мощном звукоусилительном оборудовании, в котором используются мощные и дорогие электронные лампы, подача анодного напряжения задерживается на 40...50 с. То есть высокое напряжение подаётся только после того, как катоды ламп уже нагреются. Учитывая же стоимость и дефицитность некоторых современных электронных ламп, подобные меры будут не лишними в любом оборудовании, в котором они использованы.

При проектировании этого усилителя также ставилась задача обеспечения максимально щадящего пускового режима для электронных ламп. Однако хотелось обойтись без всяких реле, используя лишь возможности управления стартом резонансного LLC-преобразователя.

Обычно микросхемы контроллеров импульсных преобразователей имеют внутренние и/или внешние цепи, обеспечивающие его мягкий старт. Эти цепи позволяют растянуть процесс старта на несколько десятков миллисекунд и предотвратить перегрузку преобразователя в момент первоначальной зарядки выходных конденсаторов. Однако с помощью этих же цепей сложно растянуть старт на время в несколько десятков или даже сотен секунд. Поэтому старт предлагаемого БП производится в два этапа. На первом этапе с помощью штатного мягкого старта накальное напряжение быстро увеличивается до 3 В. Далее микроконтроллер DD1 в течение определённого периода времени линейно увеличивает накальное напряжение до 6,3 В. Продолжительность этого периода задают с помощью четырёхпозиционного DIP-переключателя SA1, она может дискретно изменяться от 0 до 150 с, с шагом 10 с. Комбинации логических уровней на входах микроконтроллера и соответствующая им продолжительность старта приведены в **таблице**.

Входы	Продолжительность старта, с															
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
RB4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
RB5	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
RB6	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
RB7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Все высокие напряжения, формируемые на выходе БП, привязаны к накальному и поэтому пропорционально увеличиваются. То есть имитируется режим работы, близкий к тому, который получается при использовании в выпрямителе кенотрона. Такой режим подачи высокого напряжения считается наилучшим.

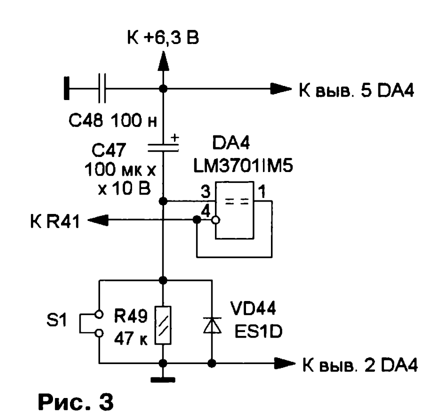


Рис. 3

Если вы пока не в ладах с микроконтроллерной техникой, не беда. В качестве альтернативы можно использовать упрощённый узел программируемого старта, в котором нет микроконтроллера, его схема показана на **рис. 3**. В первоначальный момент, когда конденсатор С47 разряжен, на выходе ОУ DA4 присутствует напряжение, равное напряжению накала, что заставляет источник формировать минимальное накальное напряжение. Далее, по мере зарядки С47, напряжение на выходе ОУ DA4 снижается до тех пор, пока не достигнет нулевого значения. В процессе этого

напряжение накала повышается, пока в конце цикла старта не достигнет +6,3 В. Продолжительность старта определяется параметрами RC-цепочки R49C47, и при указанных на схеме номиналах она составляет около 60 с.

Все элементы БП размещены на двухсторонней печатной плате размерами 150×167 мм из стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм, её чертежи показаны на **рис. 4** и **рис. 5**. В оригинальной версии источника питания преимущественно использованы компоненты, предназначенные для поверхностного монтажа. Однако с таким же успехом здесь можно использовать и выводные компоненты. Конденсатор C1 — оксидный ёмкостью 330...470 мкФ на номинальное напряжение 450 В. Через конденсаторы C10, C13, C18 протекает суммарный действующий ток, достигающий 3 А. Поэтому эти конденсаторы должны быть плёночными с номинальным напряжением не менее 1000 В. Конденсаторы выходных фильтров C2, C3, C7, C8, C14, C15, C19, C20, C30—C33 — плёночные с номинальным напряжением 250 В и более. Конденсаторы C4, C9, C16, C21 — оксидные на напряжение не менее 250 В. Конденсаторы C24—C27 — плёночные, рассчитанные на напряжение 500 В и более. Конденсаторы C36—C38 — обязательно танталовые, рассчитанные на большие импульсные токи. В оригинальной конструкции необходимая ёмкость набиралась с помощью танталовых конденсаторов, снятых с материнских компьютерных плат. Там можно обнаружить подходящие конденсаторы ёмкостью 220, 330 и 470 мкФ на напряжение 6,3 В. Резисторы R8, R10, R17—R19, R24, R27 и конденсаторы C35, C41, C47 на схеме и на плате отсутствуют, поскольку были исключены при налаживании.

Трансформатор T1 намотан на магнитопроводе ETD39/20/13 из феррита N87 (номер B66363G0200X187 производства Epcos), имеющий в среднем керне немагнитный зазор 0,2 мм. Возможно, для получения требуемой индуктивности намагничивания этот зазор придётся немного увеличить (до 0,25 мм). В качестве альтернативы можно использовать магнитопровод ETD39/20/13 из феррита 3C94 (номер

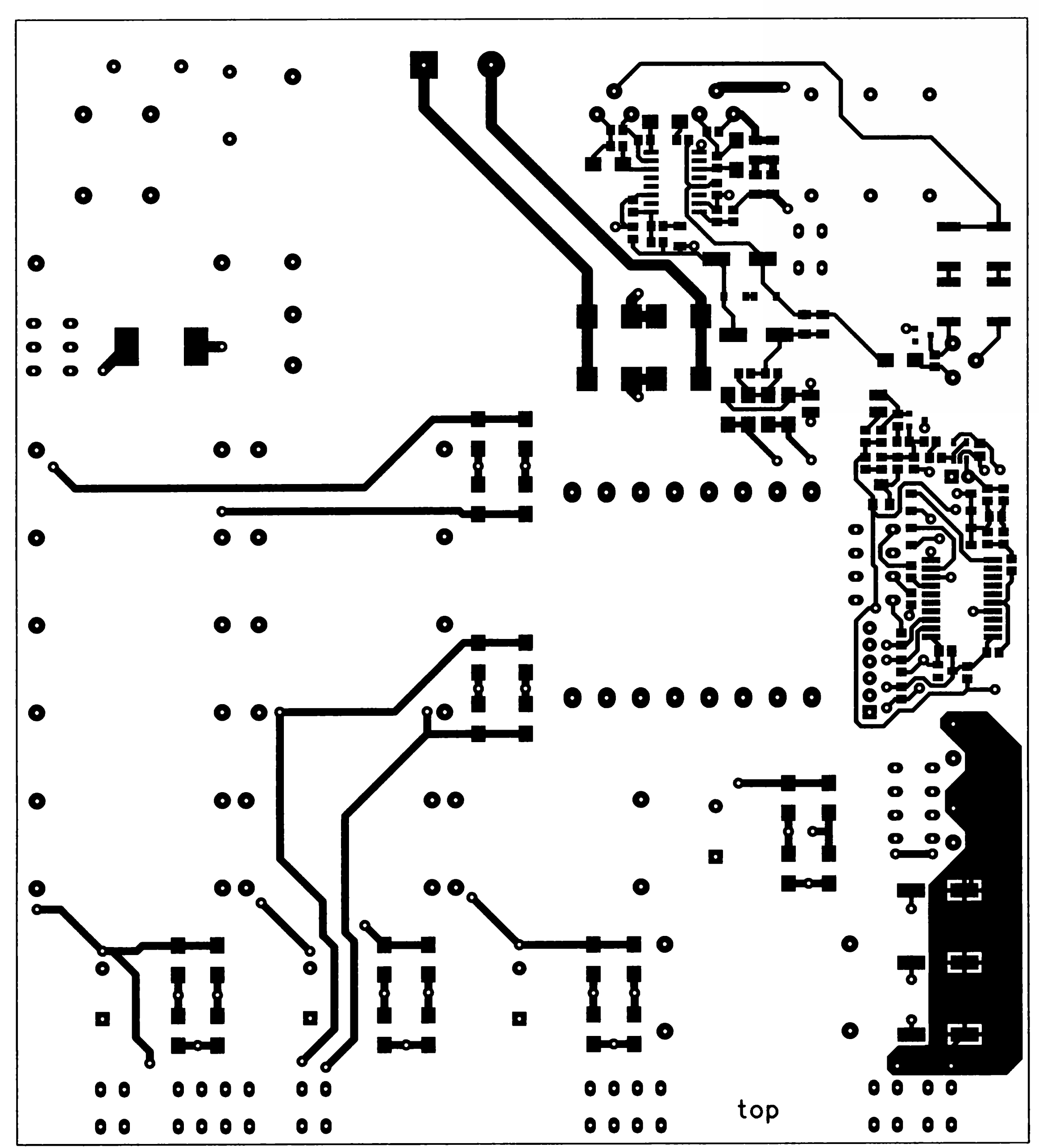


Рис. 4

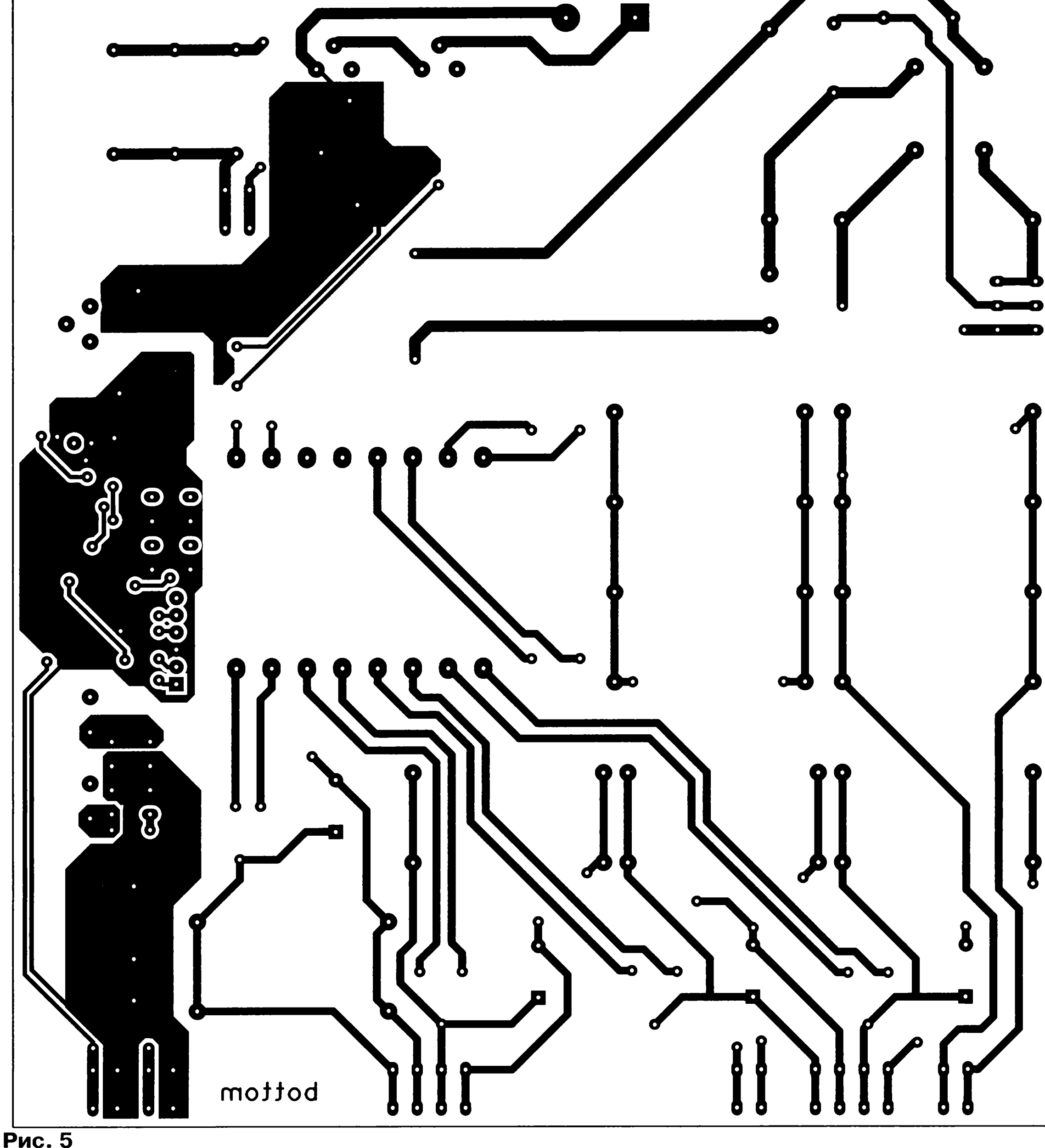


Рис. 5

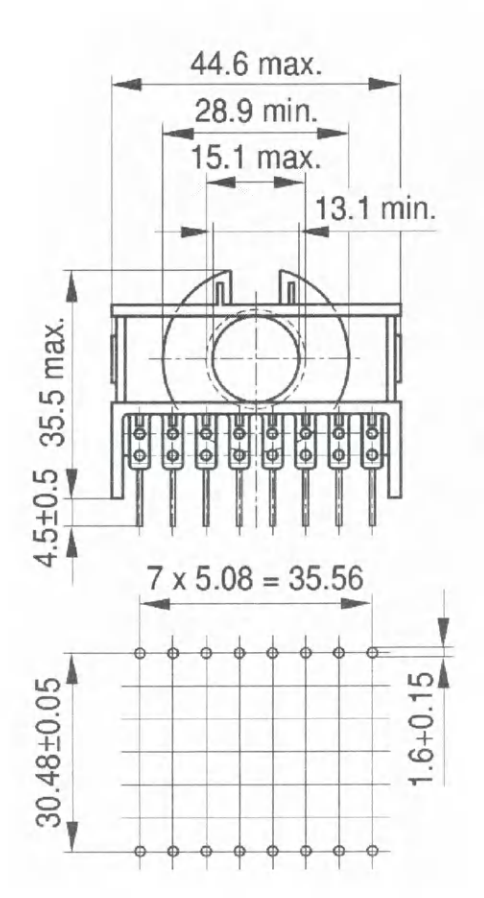
ETD39/20/13-3C94 производства Ferrox Cub) без немагнитного зазора, доработав его. Для намотки использован стандартный каркас B66364B1016T001 или B66364W1016T001 (производства фирмы Epcos) или CPH-ETD39-1S-16P (производства FerroxCube), показанный на **рис. 6**.

Для крепления магнитопровода к каркасу использованы две специальные защёлки B66364A2000X000 производства Epcos или CLI-ETD39 производства FerroxCube (**рис. 7**). Поскольку стандартный каркас имеет недостаточное число выводов, наиболее мощные обмотки, первичная I и накальная II, пришлось подключить к плате через специальные колодки XT2 и XT7. Окно каркаса разделяют поровну по высоте с помощью пластиковой или картонной перегородки толщиной 1 мм. Одну половину окна полностью занимает обмотка I. Остальные обмотки расположены в другой половине окна. Порядок расположения обмоток показан на **рис. 8**.

Обмотка I содержит 29 витков литцендрата 75×0,071. Обмотка II содержит два витка с отводом от середины (1+1 виток) и выполнена из медной фольги шириной 10 мм и толщиной 0,2 мм. Обмотки 9-10, 11-12, 13-14 и 15-16 содержат по 23 витка, обмотка 7-8 — 61 виток, обмотка 5-6 — 22 витка, обмотка 1-2 — 4 витка и выполнены обмоточным проводом диаметром 0,2 мм. Каждую обмотку мотают аккуратно виток к витку и изолируют от других обмоток слоем полиимидной плёнки.

Важно, чтобы индуктивность рассеяния и индуктивность намагничивания первичной обмотки трансформатора имели определённые значения. Индуктивность намагничивания собранного трансформатора (измеряют вместе с магнитопроводом) равна индуктивности первичной обмотки в случае, когда все остальные обмотки разомкнуты. Индуктивность рассеяния также измеряют вместе с магнитопроводом, и она равна индуктивности первичной обмотки в случае, когда все остальные обмотки замкнуты накоротко.

Индуктивность рассеяния готового трансформатора должна быть 98±10 мкГн, индуктивность намагничивания — 465±40 мкГн и подгоняется величиной немагнитного зазора. Если немагнитный зазор будет только в среднем керне, его величина — около 0,25 мм. Катушка L1 — готовый двухобмоточный



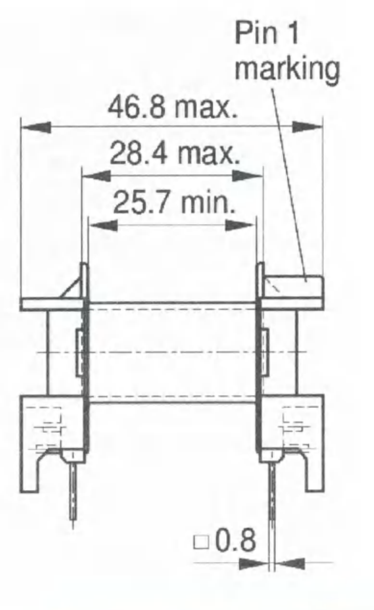


Рис. 6

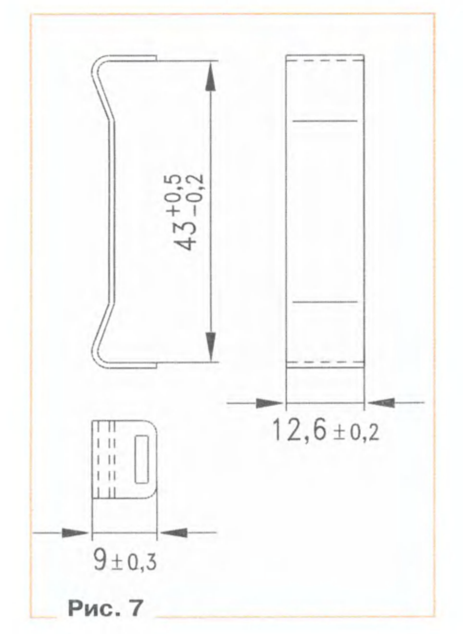


Рис. 7

дроссель индуктивностью 10...20 мГн. Схема размещения элементов на плате показана на **рис. 9**.

Исходный текст программы микроконтроллера написан на языке C. Синтаксис программы соответствует компилятору MikroC. Текст программы короткий и нормально компилируется бесплатной демо-версией программы, которую можно скачать с сайта производителя. Можно использовать уже готовый hex-код программы.

Налаживание БП

LLC-преобразователь источника питания имеет гальваническую связь с питающей сетью 230 В. Его цепи находятся под сетевым напряжением, и поэтому проведение каких измерительных или наладочных работ с ним связано с опасностью поражения электрическим током. Чтобы исключить эту опасность, первоначальное включения источника питания необходимо осуществлять через разделительный трансформатор 230В/230В, мощностью 100...250 Вт. Если под рукой не оказалось подходящего разделительного трансформатора, то такой трансформатор можно собрать из двух сетевых трансформаторов, приготовленных на роль выходных в ламповом усилителе. Для этого трансформаторы соединяют, как показано на **рис. 10**. Первичную обмотку одного из трансформаторов, включённых таким образом, можно использовать как входную, а первичную обмотку другого — как выходную.

Кроме разделительного трансформатора, для первоначального включения источника питания потребуется лабораторный регулируемый автотрансформатор (ЛАТР), позволяющий изменять напряжение сети в интервале от 0 до 250 В. Из измерительных приборов потребуются цифровой мультиметр и осциллограф.

Для подключения источника к сети используем последовательно включённые ЛАТР и разделительный трансформатор. Перед включением в сеть регулятор ЛАТРа необходимо перевести в положение нулевого выходного напряжения. Первичную обмотку трансформатора T1 источника питания необходимо временно отключить от клеммы XT2.

Убедившись, что все подготовительные мероприятия проведены, можно подать сетевое напряжение и с помощью ЛАТРа плавно увеличивать напряжение. Одновременно необходимо контролировать напряжение на выводе 12 (LVCC) микросхемы DA1 относительно общего провода (10-й или 16-й вывод DA1). После того как это напряжение превысит порог 12,5 В (не более 13,8 В, согласно справочным данным), микросхема преобразователя DA1 включится. Момент включения можно проконтролировать, наблюдая с помощью осциллографа (**рис. 11**, цена деления по горизонтали — 1 мкс/клетка и по вертикали — 5 В/клетка) наличие управляющих импульсов амплитудой 12...15 В и частотой 50...60 кГц между затвором и истоком каждого из транзисторов (VT1 и VT3). После включения микросхемы DA1 продолжаем повышать напряжение питания с помощью ЛАТРа. Если стартовый узел исправен, напряжение на выводе 12 микросхемы DA1, достигнув уровня 15 В, прекратит дальнейший рост. Убедившись в работоспособности стартового узла и микросхемы DA1, переводим регулятор ЛАТРа в положение нулевого выходного напряжения и отключаем его от сети.

Дождавшись полной разрядки конденсатора C1, восстанавливают подключение первичной обмотки трансформатора T1 к клемме XT2. Также необходимо отключить все нагрузки от блока питания и установить перемычку S1, отключающую функцию программируемого старта, а также установить движок подстроечного резистора R32 в положение минимального сопротивления. После этого можно подать сетевое напряжение и с помощью ЛАТРа начать плавно увеличивать напряжение пита-

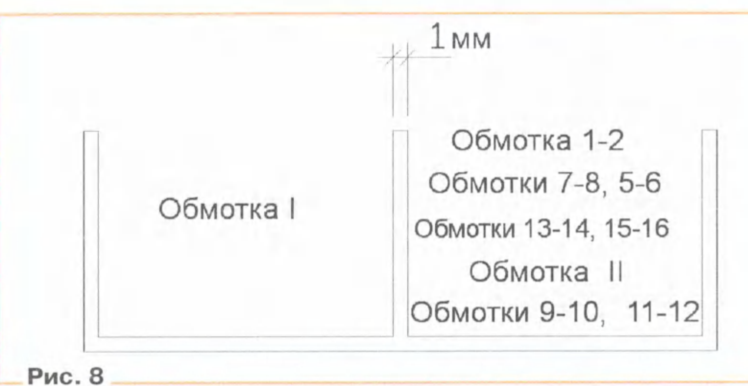


Рис. 8

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

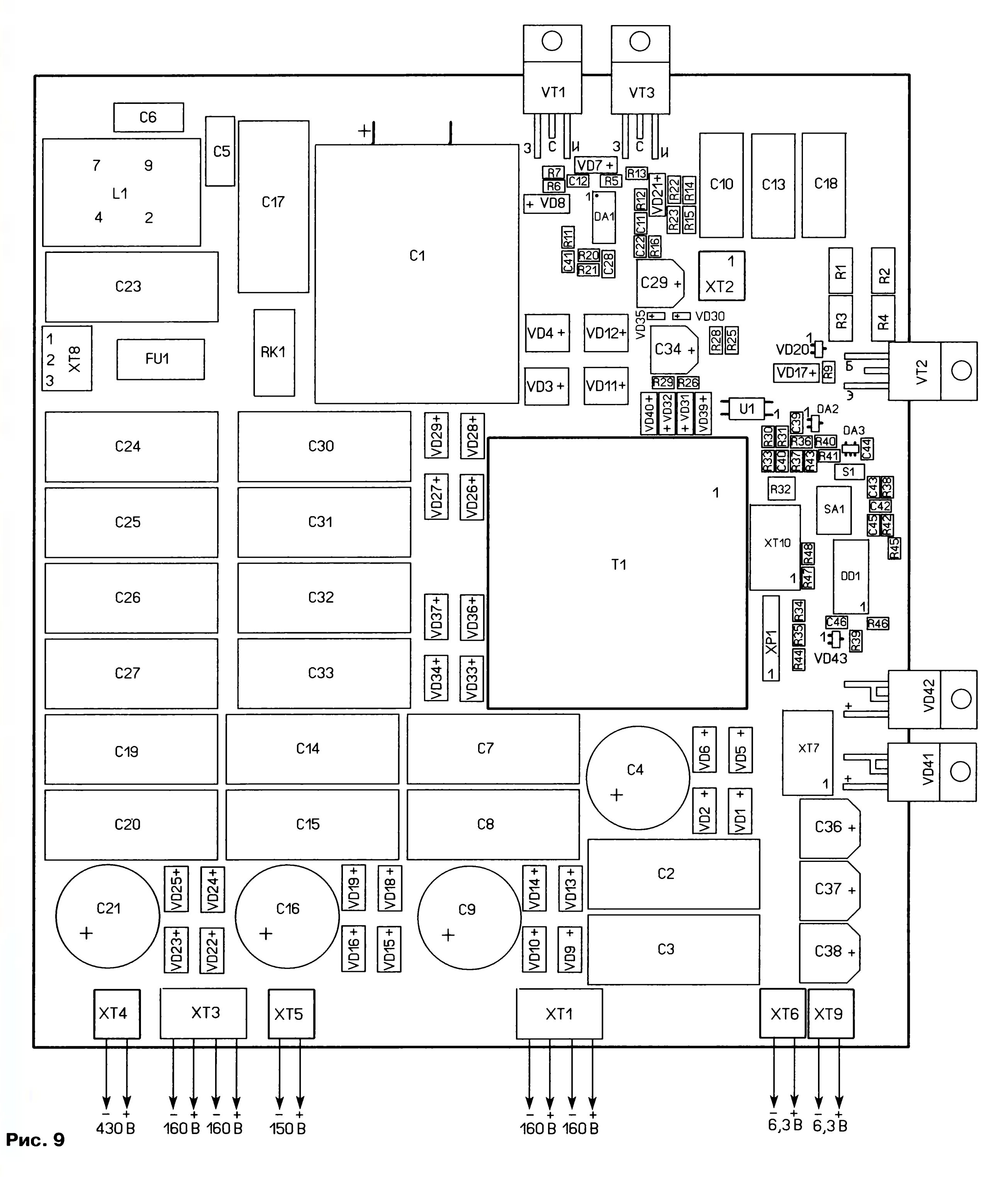


Рис. 9

ния, одновременно контролируя напряжение на выходе канала 6,3 В (клеммы XT6 и XT9). После нормализации питания микросхемы DA1 и её включения напряжение с выхода преобразователя через трансформатор T1 поступает на выпрямитель канала 6,3 В, а также на все остальные выпрямители блока питания. Необходимо убедиться, что напряжение в канале 6,3 В не превышает номинального значения. Кроме этого, необходимо проверить наличие всех остальных выпрямленных напряжений, измерив их с помощью мультиметра. После этого, не переставая контролировать напряжение в канале 6,3 В, надо увеличить напряжение на входе БП до номинального значения (230 В). Убедитесь, что все остальные выходные напряжения источника питания присутствуют и соответствуют требуемым значениям. В ненагруженном состоянии эти напряжения могут иметь несколько повышенное значение (обычно не более 10 % от номинала). Кроме этого, в ненагруженном состоянии источник

T1 T2
230 В I II II I 230 В

Рис. 10

будет работать в так называемом "икающем" режиме, когда преобразователь будет включаться и выключаться с частотой около 10 Гц. Убедившись в работоспособности канала регулирования выходного напряжения источника, необходимо перевести регулятор ЛАТРа в положение нулевого выходного напряжения и отключить его от сети.

Теперь можно приступить к проверке работы источника питания под нагрузкой и к настройке величины выходного напряжения. Дождавшись полной разрядки конденсатора C1, подключают к выходу канала 6,3 В цепь накала одной лампы 6Н13С. Подают сетевое напряжение с помощью ЛАТРа и плавно до номинала увеличивают питающее напряжение БП. Одновременно контролируют напряжение канала 6,3 В. После установки напряжения сети с помощью подстроечного резистора R32 устанавливают номинальное напряжение накала у 6,3 В. После этого будет не лишним повторно проверить напряжения в остальных ведомых выходных каналах источника питания. Убедившись, что все напряжения присутствуют, можно приступать к нормальной эксплуатации источника. Для активации узла программируемого старта необходимо снять перемычку S1. После этого может потребоваться некоторая подстройка напряжения в канале 6,3 В. Подстройка этого напряжения производится только после включения индикатора HL2 "Готов".

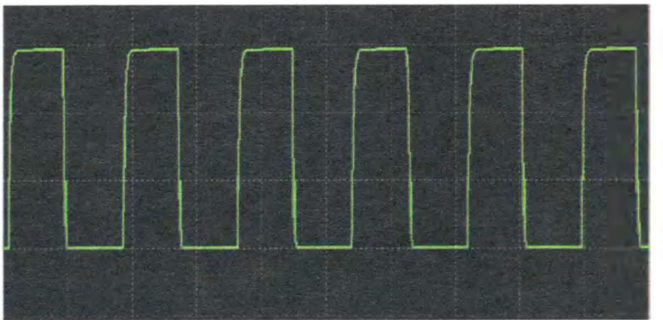


Рис. 11

От редакции. Программа микроконтроллера, hex-файл, чертежи печатной платы и схема размещения элементов в формате bmp имеются по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2019/12/amp-bp.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Ступенька и её устранение в УМЗЧ класса В

С. ШПАК, г. Казань, Татарстан

Автор статьи, ранее публиковавшийся в нашем журнале, знакомит читателей с ещё одной своей разработкой УМЗЧ. В статье приведены обоснования особенностей его схемного решения, основные технические характеристики и осциллограммы выходных сигналов, полученные экспериментально. Даны рекомендации по выбору ОУ для реализации указанных параметров.

Меня всегда удивляло: усилитель — очень простое устройство, и что мешает получить искажения на уровне шума транзисторов, чтобы навсегда закрыть тему влияния транзисторов на звук? Считаю, это из-за недобросовестной рекламы и "экспертизы", прикрывающейся компьютерной программой для подмены результатов объективного эксперимента как "правдой". Изобразить на компьютере абсолютный усилитель не составит труда, но суровая практика создаёт серьёзные ограничения при реализации. Те, кто умеет паять и измерять, знают, чего стоят компьютерные картинки.

Особенно много грязи вылито на "бедную" ступеньку в УМЗЧ! Если отказаться от навязанных предубеждений, то при очень высоком качестве усилитель класса В можно сделать термостабильным и не нуждающимся в налаживании. Вообще удивительно, что транзисторы без нареканий используют в ключевых схемах при питании в сотни вольт и с частотой переключения в сотни килогерц. В то же время транзисторы у нас обвиняют в неспособности менее чем за доли микросекунды переключиться на один вольт!

Практика, подтверждённая измерениями и осциллограммами, показывает, что искажения в УМЗЧ с ООС гораздо больше зависят от частотных свойств транзисторов, чем от линейности. Хотя, формально, передаточная характеристика транзистора сравнительно линейна и не имеет множества изломов, гуляющие (при изменении тока и напряжения) полюса изменяют амплитудную характеристику транзистора, что проявляется в виде затухающего дребезга после переключения плеч выходного каскада, т. е. в виде высокочастотных гармоник. Особенно много проблем создают транзисторы структуры p-n-p. Усилители на транзисторах больше всего "боятся" ёмкостной нагрузки, которая резко ухудшает их характеристики. При сильном изменении тока и напряжения на транзисторе для разного уровня выходного сигнала требуется разная коррекция не только по величине, но и по месту. Практически, сколько транзисторов в УМЗЧ, столько и полюсов, которые необходимо учитывать. Понимание хотя бы этого позволяет упростить задачу построения линейного усилителя. Проще говоря, проблема получения малых искажений в двухтактных УМЗЧ с ООС сводится к подавлению паразитных полюсов, приводящих к генерации в критических режимах [1], а не к выбору линейных транзисторов и начального тока.

Сложность же коррекции состоит в том, что подавляя одни резонансы, неизменно порождаешь другие, и так — пока "всё не угомонится". Крайне важно давить "мусор" далеко за пределами полосы [1]. Для этого необходима сложная коррекция. Здесь компьютерные программы не очень помогают, потому что в коррекцию вмешивается реальный монтаж, и в финале приходится прибегать к оптимизации с помощью измерительной техники. Для этого необходимо знать, а не фантазировать, как использовать те или иные особенности элементов и монтажа. Поэтому неспособные создать сложную коррекцию предпочитают примитивные схемы и компьютерные картинки (вместо реальных результатов), навязывая нам свои "прозрачные" достижения.

Ещё одна серьёзная проблема — это температурная нестабильность транзисторов. В отличие от ламп, транзисторы не являются стабильными приборами. Ведь нагрев кристалла транзистора на 100 °С, а это может происходить на каждом периоде мощного выходного сигнала, снижает напряжение $U_{бэ}$ на 214 мВ, что умножается на число транзисторов в выходном усилителе тока. Здесь возникают сильные тепловые искажения [2]. При этом нагрев корпуса транзистора и, тем более, температура теплоотвода гораздо ниже температуры кристалла. Выходной каскад надо строить так, чтобы тепловая модуляция $U_{бэ}$ не приводила к сильной модуляции тока покоя и не влияла на частотные и передаточные характеристики транзисторов, что уже будет способствовать снижению искажений. "Распорка" (цепь смещения транзисторов выходного каскада) физически не может полноценно поддерживать ток покоя, так как она отслеживает температуру теплоотвода, а не кристалла. И это происходит с колоссальной задержкой. О том, что термостабильность транзисторов является очень серьёзной проблемой, говорит появление транзисторов со встроенными в кристалл диодами. Но, как показала практика, это до конца проблему термостабильности не решает из-за разных температурных коэффициентов у встроенных диодов и эмиттерных переходов транзисторов.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Известно, что "лучшее средство от перхоти — это гильотина". Так и решение проблемы термостабильности и выбора начального тока проще всего решать выбором нулевого тока с глубокой отсечкой. Получился забавный парадокс: либо огромный ток покоя в выходном каскаде, либо — никакого. Влияние коммутационных искажений сильно преувеличено. Они якобы не

Я уже показал в предыдущей статье [3], что для качественной работы ООС необходимо расширять её полосу пропускания. Это можно сделать только применением более высокочастотных транзисторов и сокращением длины цепей ООС. Сделать цепь ООС короче можно только разделением усилителя на самостоятельные усилитель напряжения (УН) и усилитель тока (УТ). В

тельно не более нескольких ом, даже если вход УТ имеет входное сопротивление мегомы.

Схема УМЗЧ приведена на **рис. 1**. Использование микросхем позволило резко упростить схему усилителя [3]. При проектировании УН на первый план выходит проблема шума. Шум является практически главным сдерживающим фактором получения и изме-

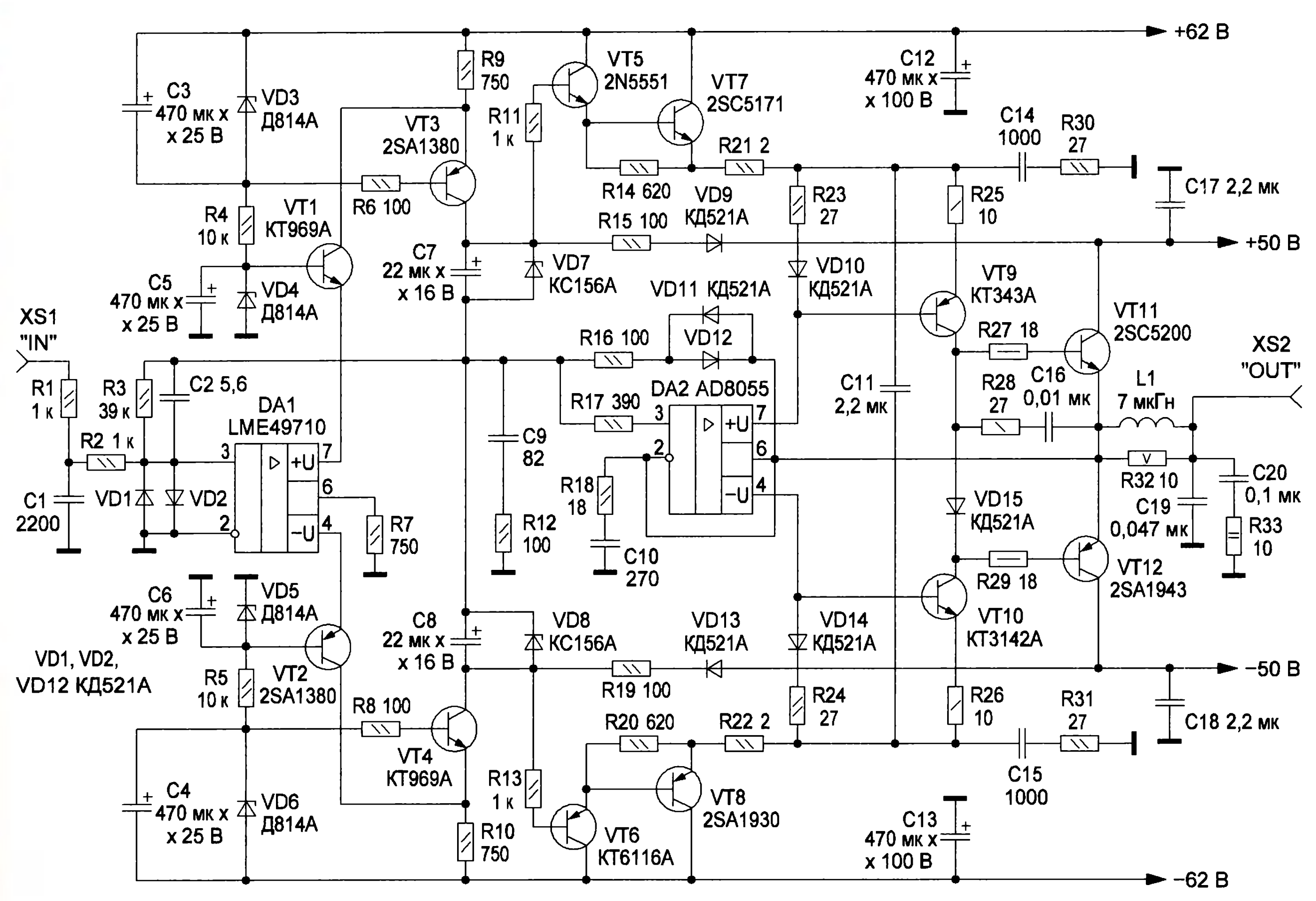


Рис. 1

дают получить малые искажения, так как на высоких частотах ООС почти не действует. На самом деле получить на высоких частотах малые искажения мешают нестабильность свойств транзистора и фазовая задержка. И это всё!

Статью [3] я закончил советом: для домашнего применения лучше упростить громоздкую реализацию на дискретных элементах принципов, изложенных в статье. Отказ от балансного моста с изолированным питанием и применение микросхем позволяют это сделать. Одну из таких простых реализаций здесь и рассмотрим. Основные идеи и построение усилителя остались прежними. Хотя из-за того, что откажемся от изоляции помех, создаваемых сильными токами по общему проводу (одного из главных свойств предыдущего варианта УМЗЧ), помех по входу будет больше. Зато, чем проще схема, тем меньше разного рода проблем, в том числе с монтажом и налаживанием, что улучшит повторяемость.

такой структуре есть дополнительные плюсы: УН становится лучше, потому что ему не надо компенсировать огромную задержку сигнала в мощных выходных транзисторах, а УТ становится лучше, потому что узел компенсации ошибок работает только с ошибками, а не со всей огромной амплитудой выходного сигнала. Несмотря на разделение, УН и УТ всё равно представляют собой единую, взаимно дополняющую систему. Ведь сигнал управления УТ сильно нагружает УН, особенно на высоких частотах, так как происходит проникновение остатков сигнала управления мощным нелинейным выходным каскадом УТ на выход УН. При этом характер нагрузки УН кардинально отличается от характера нагрузки УТ. Если нагрузка УН потребляет единицы миллиампер, то нагрузка УТ не только в тысячи раз больше, но и ещё имеет комплексный непредсказуемый характер. УН для точного управления УТ должен иметь очень малое выходное сопротивление, жела-

рения малых искажений (это влияние будет показано ниже). Было проверено несколько ОУ LME49710 и AD8055. Фирма гарантирует у малошумящего LME49710 значение шума, приведённое ко входу, 0,34...0,65 мкВ. У меня при измерении получилось 0,71 мкВ. В усилителе на транзисторах можно получить шум в два раза меньше, но это уже другая тема. Полоса, вместо обещанных 55 МГц, получилась 40 МГц, и входной ток в три раза больше нормы. Не это интересно, а то, что при сопротивлении источника сигнала $R_{ген}$ свыше 5 кОм шум у этого ОУ фактически равен шуму AD8055, у которого нормированный шум почти в 3 раза больше. То есть LME49710 выгодно применять только там, где $R_{ген}$ меньше 1 кОм. Даже такой дорогой ОУ AD797, имеющий шум, приведённый ко входу, равный 0,14 мкВ при $R_{ген}$ = 0 Ом, уже при $R_{ген}$ = 1 кОм имеет шум 1,2 мкВ. Предлагаю читателю самому, заменяя одни ОУ на другие, оценить результат.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Казалось бы, уже существуют довольно неплохие микросхемы высоковольтных ОУ, но в документации на них порой недостаточно информации. То, что получение малых искажений является серьёзной проблемой, говорит простой факт. Нет ни одного высоковольтного ОУ с гарантированным КНИ менее 0,0006 %, и это в полосе 30 кГц! Интересно, сколько гармоник фирмы насчитают при измерении КНИ на частоте 20 кГц? LME49811 обещает 0,00035 %, но тут же оговаривает лимит 0,001 %. И это при работе "самой на себя"! К тому же у всех высоковольтных ОУ приведённый ко входу уровень шума имеет разброс от 1 до 6 мкВ. Мой опыт говорит, что у приобретённого ОУ наверняка будет шум по верхней границе, т. е. в восемь раз выше, чем у LME49710. Интереснее добавить к бюджетному малошумящему низковольтному ОУ несколько бюджетных транзисторов и получить высоковольтный малошумящий сверхлинейный УН с заведомо лучшими параметрами.

Остановимся на микросхеме LME49710. Она имеет большое усиление, поэтому для получения высокого выходного напряжения низковольтный ОУ лучше всего дополнить транзисторами в каскодном включении для минимальной фазовой задержки.

Вторая проблема УН, не позволяющая получить малые искажения, — это не проблема нелинейности транзистора по току. Легко можно сделать УН с малым изменением тока. Гораздо большую роль играет изменение коллекторной ёмкости $C_к$ при изменении коллекторного напряжения, которое сильно усугублено эффектом Миллера. Особенно это заметно, если мы хотим получить большое широкополосное усиление от транзистора. Иначе говоря, чем меньше $C_к$ транзистора каскада усиления напряжения, тем линейнее каскад. Здесь полевые транзисторы сильно проигрывают биполярным транзисторам. Поэтому выбираем высоковольтные биполярные транзисторы с малой $C_к$.

К входной микросхеме (DA1 LME49710, рис. 1) добавляем каскады на биполярных транзисторах VT1—VT4 в каскодном включении, все они будут двойного назначения. Кроме главной роли — усиление напряжения сигнала, два первых VT1 и VT2 будут ещё играть роль источника питания микросхемы, а VT3 и VT4 — роль цепей смещения.

Как и в предыдущем решении [3], для получения минимальных искажений, в том числе динамических, вся коррекция сосредоточена на входе УМЗЧ. Цепь R1R2C1 защищает вход от высокочастотных помех, а R2C1 ещё является и элементом коррекции, как конденсатор C2 и цепь R12C9. За счёт такой структуры коэффициент усиления УН и коэффициент ослабления синфазного сигнала — предельно возможные и зависят только от применённого ОУ. УН использует принцип "direct drive" в расчёте на то, что предварительный усилитель уже имеет разделительный конденсатор и потому не имеет на входе своего (излишнего) конденсатора.

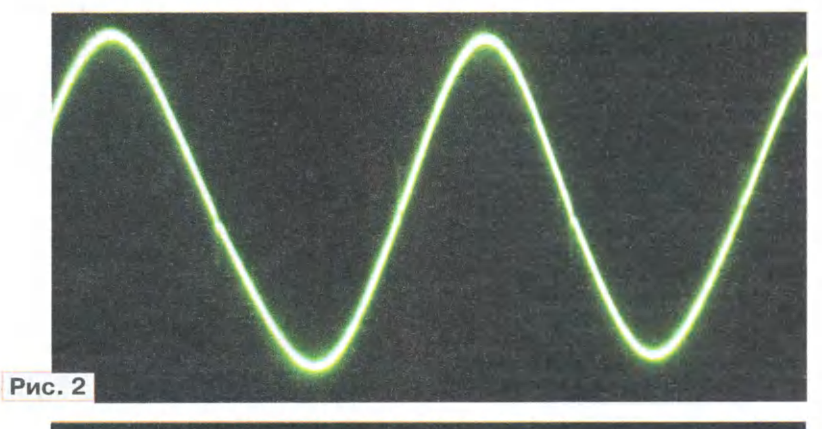
Диоды VD1 и VD2 защищают вход при перегрузке. Резистор R7 является нагрузкой ОУ и с целью получения достаточно большого усиления по току выбран сравнительно небольшим (750 Ом). Чтобы ОУ не перегружался по току, его питание равно половине от максимального — 7,5 В.

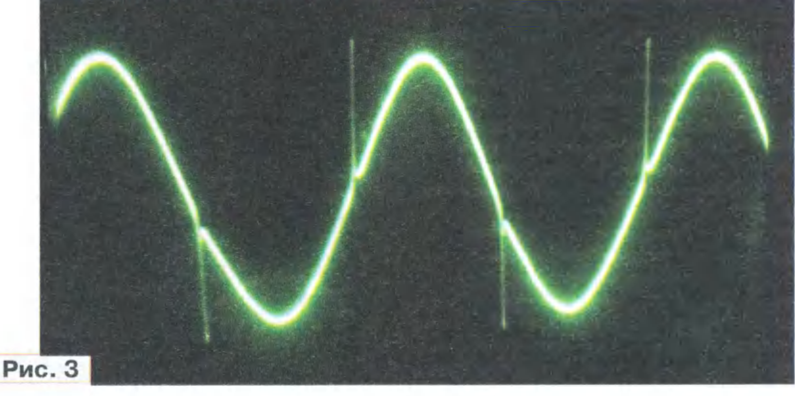
Благодаря каскодной структуре напряжение на выходе LME49710 при номинальной выходной мощности УМЗЧ равно 0,7 В, что составляет всего 15 % от максимального выходного напряжения ОУ. За счёт столь малой нагрузки УН имеет высокую линейность. Глубина ООС — 100 дБ на частоте 1 кГц и 82 дБ — на 10 кГц. Измеренные КНИ — 0,0002 % на 1 кГц и 0,0003 % — на 10 кГц. Расчётные КНИ на порядок меньше.

Наибольший интерес представляет УТ. Его идеология построения осталась прежней [3]. В предыдущем варианте три ступени работали параллельно на нагрузку, в новом упрощённом роль первых двух ступеней взял на себя бюджетный ОУ DA2. Здесь явственно проступает главное достоинство разделения на отдельные УН и УТ, а именно — усилитель ошибки на DA2 работает только с разностью сигналов между входом и выходом в доли милливольта при номинальной мощности на низких частотах. Как и в предыдущем варианте, эта ступень работает непосредственно на выход параллельно с мощными выходными транзисторами и компенсирует ошибки, которые не способны компенсировать мощные транзисторы из-за своей низкочастотности. Это позволяет получить с максимально короткой цепью ООС глубину в 20 раз больше, чем у опубликованных сверхлинейных УМЗЧ. Пусть кто-нибудь докажет, что ОУ AD8055 (полоса частот — до 300 МГц при единичном усилении), сравнивающий входной и выходной сигналы и работающий непосредственно на нагрузку, не способен быстро отслеживать малейшие шероховатости сигнала в полосе 20 кГц. То же самое обеспечивал в предыдущем варианте входной узел УТ на дискретных элементах [3].

Собственно УТ представляет собой всего два мощных и два маломощных высокочастотных транзистора с маломощным высокочастотным ОУ. Ещё две пары транзисторов по схеме Дарлингтона VT5, VT7 и VT6, VT8 выполняют вспомогательную функцию, обеспечивая низковольтное плавающее питание (здесь для УТ не нужна высоковольтная микросхема, так как ОУ работает с малым напряжением ошибки, но для полноценной работы ему надо обеспечить плавающее питание, которое полностью соответствует входному сигналу). Транзисторы VT5—VT8, задающие питание, также управляются от УН. Необходимое напряжение питания для ОУ DA2 задано стабилитронами VD7, VD8. Цепь R16VD11VD12 защищает вход ОУ от пробоя при перегрузке. Цепи R12C9 и R18C10 на входе и выходе ОУ нейтрализуют индуктивность монтажных цепей, придавая устойчивость. Как сказано выше, цепь R12C9 на входе ОУ одновременно является корректирующей цепью УН.

При низком выходном сопротивлении источника сигнала и значительном ёмкостном характере нагрузки внутренняя обратная связь в транзисторах приводит к их неустойчивости из-за по-


Рис. 2


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

явления отрицательной составляющей во входном сопротивлении. Для подавления этих участков самовозбуждения в базовые цепи транзисторов надо включить резисторы. Поэтому резисторы R6, R8, R11, R13, R17, R27, R29 являются необходимыми элементами коррекции. Без них невозможно получить устойчивость. Резисторы R21, R22 уменьшают ёмкостный характер нагрузки транзисторов VT7 и VT8. Цепь R28C16 сглаживает переходные процессы и предотвращает паразитную генерацию при ограничении выходного сигнала. Выходной контур защиты от ёмкостной нагрузки и фильтрации высокочастотных помех L1R32C19R33C20 является одновременно цепью коррекции АЧХ выходных транзисторов. Как видим, даже такой простой УТ из-за нестабильных характеристик выходных транзисторов требует очень развитой и сложной коррекции.

Диод VD15 уменьшает время переключения выходных транзисторов в два раза. Транзисторы при этом остаются гарантированно закрытыми. Диод можно не устанавливать.

При больших токах и напряжении коллектор—эмиттер менее 4 В выходные транзисторы входят в насыщение, и возникает эффект "защёлки". Транзистор выходит из насыщения с огромной задержкой с последующим колебательным переходным процессом, и это происходит всегда при ограничении сигнала. Для предотвращения этого процесса необходимо, чтобы напряжение на транзисторах не падало менее 4 В. Это обеспечивают цепи R15VD9 и R19VD13. Резисторы R15, R16, R19 сглаживают переходные процессы при входе в ограничение.

Усилитель не нуждается в узле баланса нуля (на выходе смещение нуля — около 1,4 мВ). В нём нет ни одного подстроечного резистора, здесь они просто не нужны, что заметно упрощает налаживание.

А что же "жуткие коммутационные искажения"? Токовый сигнал с выхода ОУ AD8055 прямо на выход УТ показан на **рис. 2** (частота сигнала — 1 кГц) и **рис. 3** (частота сигнала — 10 кГц). Отметим, что это ток, а не напряжение, и этот ток компенсации искажений составляет всего лишь 0,4 % от тока выходных транзисторов. Амплитуда тока с выхода ОУ не превышает 30 % от его допустимого тока при выходной мощности усилителя 100 Вт. "Иголки" ступеньки — это импульсы тока, которыми ОУ заполняет "ямки" из-за задержки включения выходных транзисторов. Видно, что "иголки" незначительны на частоте 1 кГц и увеличиваются с ростом частоты. Отметим, что они по амплитуде не превышают общий сигнал коррекции и управления выходными транзисторами и энергетически (по ширине) занимают небольшую часть сигнала коррекции, слабо влияя на суммарную энергетику. На фоне выходных напряжений 80 В за счёт компенсирующего сигнала с ОУ AD8055 "иголки" ступеньки имеют амплитуду 0,4 мВ на частоте 1 кГц, 3 мВ — на 10 кГц и спектр — от 1,2 до 5 МГц, что крайне трудно заметить, так как амплитуда на 10 кГц — это 0,026 амплитуды выходного сигнала, а весь "мусор" частотой свыше 150 кГц отсекается выходным фильтром второго порядка. То же самое делает выходной трансформатор в ламповых усилителях, и это считается достоинством. В "цифровых" усилителях импульсы в сотни вольт (в сотни тысяч раз больше, чем здесь) фильтруются почти аналогичным фильтром, а то и без фильтра (фильтром является акустика), и никто не возмущается "дикими коммутационными искажениями"!

Необходимо добавить, что согласно МЭК 268-1С в полосе частот до 1 кГц содержится 78 % энергии звукового сигнала, а на частотах свыше 6,3 кГц — лишь 1,4 %, т. е. прохождение нуля почти всегда будет на низкой частоте и частота возникновения "больших иголок" довольно низка. Главная ирония заключается в том, что если установить "распорку" с начальным током выходных транзисторов, то "иголки" ступеньки, безусловно, убираются, но на измеряемых искажениях это не отражается, так как энергетика иголок мала.

Основные технические характеристики УМЗЧ

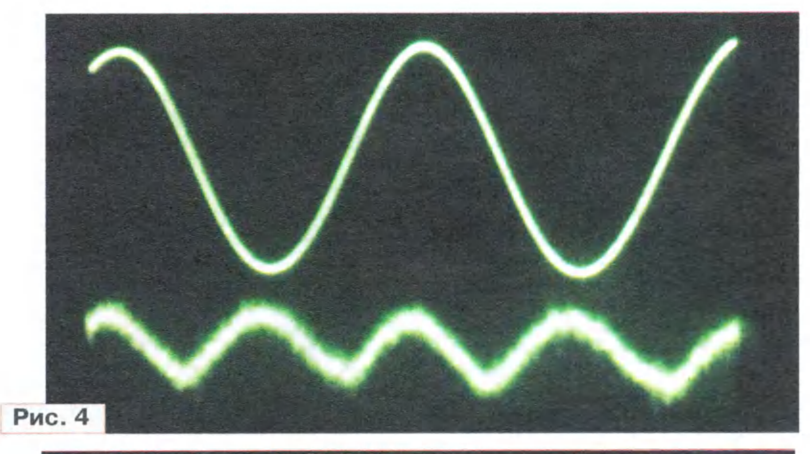
Номинальная мощность на нагрузке 8 Ом, Вт 100
КНИ на частоте 1 кГц при выходной мощности 100 Вт, % 0,0004
КНИ на частоте 10 кГц при выходной мощности 100 Вт, % 0,0007

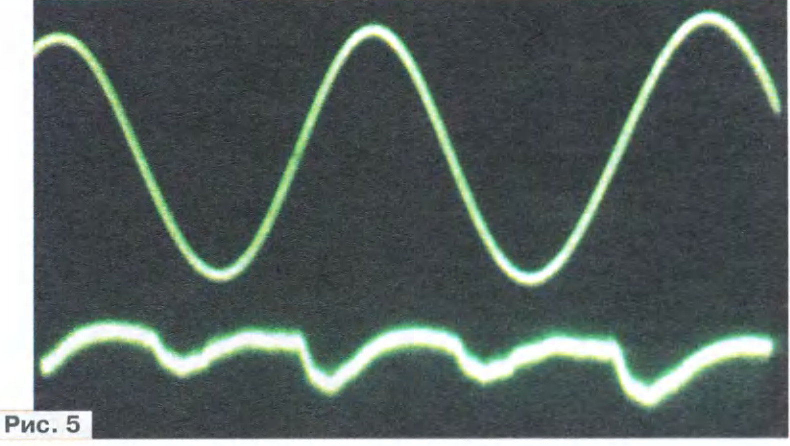
Совмещение выходных сигналов при выходной мощности 100 Вт под нагрузкой 8 Ом и искажений на частоте 1 кГц показано на **рис. 4** и 10 кГц — на **рис. 5**. На них хорошо видно, что в спектре преобладают вторая и третья гармоники, т. е. спектр искажений практически не отличается от усилителей класса А. "Иголок" в спектре нет, так как выходной фильтр устраняет ВЧ-помехи. Сам тестовый генератор измерителя КНИ имеет 0,0002 % искажений. Измеряемые искажения в основном состоят из помех, наведённых на вход и общий провод из-за неидеального экранирования и неидеальной развязки. Расчётные искажения многократно меньше, но всех интересуют реальные результаты, а не расчёты. Подчёркиваю, это искажения происходят при номинальной мощности, хотя в большинстве реклам приводят КНИ при 0,1 от номинальной мощности. Считается, что это средняя мощность при прослушивании музыки с её пиками.

Внушается, что "в классе В существует проклятие первого ватта" из-за "жутких коммутационных искажений". Привожу искажения при выходной мощности 1 Вт на нагрузке 8 Ом:

КНИ на частоте 1 кГц, % 0,0005
КНИ на частоте 10 кГц, % 0,0007

Прилагаю на **рис. 6** фотографию совмещённых выходных сигналов 1 Вт под нагрузкой 8 Ом и искажений на частоте 1 кГц, на **рис. 7** — фотографию


Рис. 4


Рис. 5

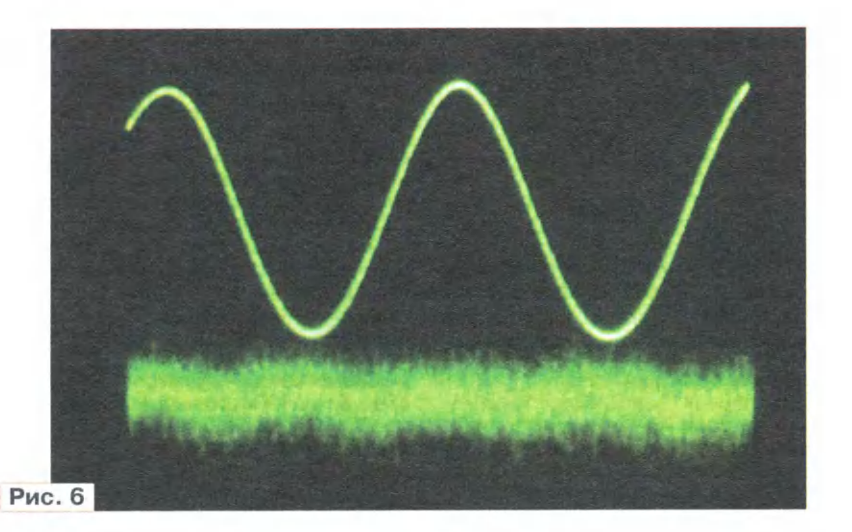


Рис. 6

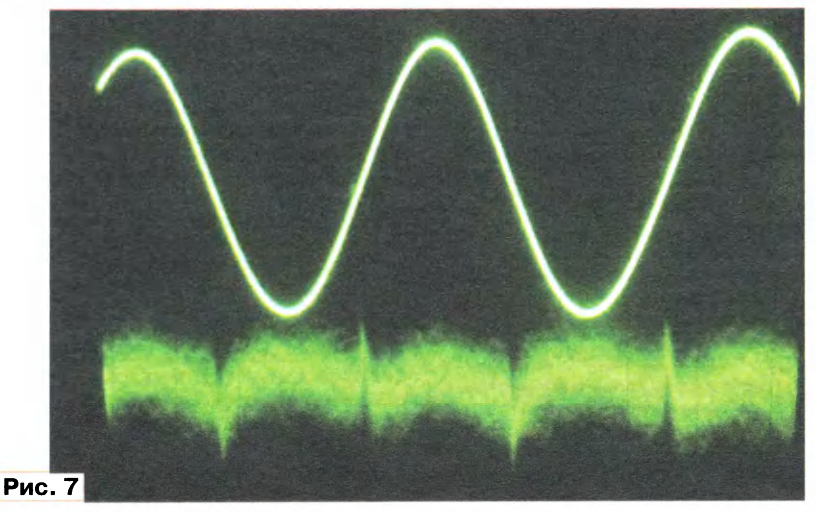


Рис. 7

искажений на частоте 10 кГц. Фотографии со всей очевидностью показывают, что это даже не искажения, а, по большей части, шум, который забивает собой реальные искажения. Чтобы уменьшить этот шум и объективно измерить реальные искажения, надо иметь на входе как можно менее шумящий ОУ, о чём было сказано выше.

Вывод. При грамотном построении УМЗЧ и сложной коррекции влияние ступеньки можно свести к минимуму.

На работу усилителя влияет не только "хитрая" схемотехника, но и грамотный монтаж. Пропорционально глубине ООС растут требования к качеству монтажа и расположению элементов, что неудивительно. Из-за неграмотного монтажа возникают паразитные резонансы и наводки, с которыми очень трудно бороться, так как они возникают "ниоткуда". Плохой монтаж и неудачное расположение элементов легко уничтожит все расчёты и затраты на дорогие высококачественные элементы. Изменение топологии монтажа часто требует изменения схемы. Особую проблему доставляет правильный выбор точек соединения с общим проводом, чтобы на сигнальный общий провод (ОП) не наводилось помех от других ОП. Необходимо чёткое понимание: какие элементы должны быть расположены возможно ближе, какие возможно дальше, чтобы узлы на этих элементах не сбивали работу друг друга. При неграмотном монтаже усилители класса D вообще не работают! Основные успехи усилителей класса D связаны не с новыми схемами, а именно с использованием плотного монтажа на многослойных печатных платах с экранными слоями. Это кардинально снизило взаимное влияние элементов и генерируемые высокочастотные помехи. Будущее монтажа состоит в преобразовании из плоскостного в трёхмерный, что сократит длину цепей.

Проводники длиной в несколько сантиметров, имеющие незначительную индуктивность, часто провоцируют генерацию. Плотный монтаж необходим, чтобы убрать влияние индуктивности соединительных проводов и минимизировать всплески напряжения от переключения мощных транзисторов. На проводник длиной в несколько сантиметров может быть наводка в несколько десятков милливольт, которая растёт с ростом частоты. А мы ловим ошибку в микровольты! Здесь возникает крайне серьёзная проблема. Для минимальных наводок на цепи, контролирующие разницу между входным и выходным напряжением усилителя, ОУ должны быть расположены возможно ближе к выходному фильтру, а это чревато крайне большими наводками на входы от переключения мощных токов и от мощного дросселя. Выход — только в экранировании. Чтобы не было разочарования, не экономьте на грамотном монтаже, всё разделяйте и экранируйте.

Хочу отметить, что если УН собрать на дискретных элементах по другой схеме, а в УТ добавить пару десятков элементов, то будет усилитель класса ZERO, т. е. усилитель с искажениями в миллионные доли процента. Это тема другой статьи, так как возникают серьёзнейшие проблемы не только монтажа и экранирования, но и объективного измерения искажений ниже разрешающей способности существующих измерительных приборов.

За восемь лет, прошедших после предыдущей публикации, по моему мнению, не появилось УМЗЧ, способных реально, а не в рекламе, получить меньшие искажения, чем в решениях, приведённых в этой и предыдущей статье [3]. Те, кто сомневается, пусть опубликует конкурирующее решение. Сомнительный пример — статьи [4, 5], где вместо своих конкурирующих устройств показаны результаты компьютерных программ. Там программно внесены в мои схемы более пятидесяти "улучшений": заменены транзисторы на не просто в девять раз более худшие по АЧХ, но и ещё в три раза меньшей мощности, чтобы при реальном включении усилитель "горел ярким пламенем". Для блокировки всех узлов добавлены семь новых элементов, вывернуты наоборот подачи сигналов, изменена схема соединений. Искажения стали в тысячи раз хуже, а графики — "с жуткими коммутационными искажениями", "причудливой АЧХ" и прочее. Говорится, что "эти усилители, как и прецизионные усилители А. Данилова, к звуку не имеют никакого отношения". Поскольку не указаны программы, которые дали такой результат, а Данилова уже нет и он не сможет защититься, возникает вопрос: "Вам какая правда нужна?"

Желаю читателям реальных, а не компьютерных результатов в очень интересном и неоднозначном деле усилителестроения!

ЛИТЕРАТУРА

1. **Витушкин А, Телеснин В.** Устойчивость усилителя и естественность звучания. — Радио, 1980, № 7, с. 36, 37.

2. **Лихницкий А. М.** Причины слышимых различий в качестве звукопередачи усилителей звуковой частоты. — Техника кино и телевидения, 1987, № 6, с. 10—17.

3. **Шпак С.** Архитектура абсолютного УМЗЧ. — Радиолюбитель, 2011, № 12, с. 10—13; 2012, № 1, с. 14—18; № 2, с. 20—23; № 3, с. 9—11; № 4, с. 16, 17.

4. **Петров А.** Правда об "абсолютном" УМЗЧ С. Шпака. — Радиомир, 2013, № 2, с. 3—6.

5. **Петров А.** Эволюция развития транзисторных УМЗЧ. — Радиомир, 2011, № 4, с. 3—5; № 5, с. 3—5; № 6, с. 3—6; № 7, с. 3—7; № 8, с. 3—6; № 9, с. 3—6; № 10, с. 3—6; № 11, с. 4, 5; № 12, с. 3—6; 2012, № 2, с. 3—5; № 3, с. 3—6; № 4, с. 3—5; № 5, с. 3—5; № 6, с. 4—7.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Лабораторный БП + зарядное устройство на микросхеме L200C

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В статье предложен лабораторный блок питания с выходным напряжением 2,8...15 В на микросхеме L200C с функцией ограничения тока нагрузки 12...600 мА. Это устройство также можно применять для зарядки аккумуляторов и аккумуляторных батарей.

Споры о том, какой стабилизатор напряжения, импульсный или линейный, лучше применить в лабораторном блоке питания (БП), наверное, не стихнут никогда. И тот и другой имеют свои преимущества, и ответ зачастую зависит от конкретных условий применения. Но кроме стабильного выходного напряжения, лабораторный БП должен обязательно иметь защиту по току или ограничитель тока нагрузки. Плавная установка тока ограничения в широком интервале имеет важное значение при налаживании маломощных устройств, например, на основе микроконтроллеров, и позволит предотвратить их выход из строя в аварийной ситуации.

Для построения несложного БП с ограничением выходного тока можно применить микросхему L200C, которая представляет собой управляемый комбинированный стабилизатор напряжения и тока [1]. В её состав входят элементы стабилизации выходного напряжения и тока, а также узлы защиты от превышения входного напряжения, выходного тока и перегрева. Максимальное входное напряжение микросхемы — 40 В, допустима подача напряжения 60 В в течение не более 10 мс. Максимальное напряжение между входом и выходом — 32 В. Минимальное напряжение между входом и выходом — 2...2,5 В. Максимальный выходной ток — 2 А, ток замыкания выхода — 3,6 А.

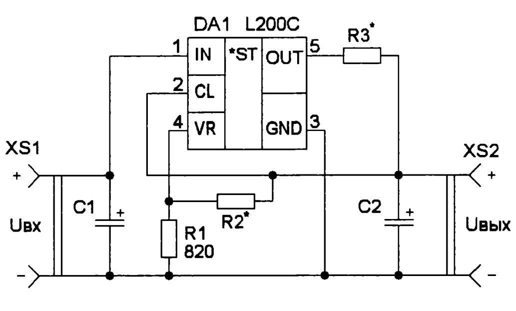


Рис. 1

Собственный потребляемый ток — 4,2...9,2 мА.

Стандартная схема включения микросхемы L200C показана на **рис. 1**. Выходное напряжение $U_{вых}$ можно установить подборкой резисторов R1 и R2: $U_{вых} = 2,8(1+R2/R1)$. В режиме стабилизации тока его значение $I_{ст}$ можно установить подборкой резистора R3: $I_{ст} = 0,45/R3$.

Эту микросхему можно с успехом применить в простом лабораторном БП, который к тому же будет выполнять функции зарядного устройства различных аккумуляторов и аккумуляторных батарей. Схема БП показана на **рис. 2**. Сетевое напряжение поступает на первичную обмотку трансформатора T1 через выключатель питания SA1 и плавкую вставку FU1. Варистор RU1 совместно с плавкой вставкой FU1 защищают трансформатор и остальные элементы БП от повышенного сетевого напряжения. Напряжение вторичной обмотки выпрямляет диодный мост VD1, конденсаторы C1, C2 и C4 подавляют высокочастотные помехи, поступающие из сети. Конденсатор C3 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения.

Схема включения микросхемы DA2 — стандартная. Переменными резисторами R5 и R6 устанавливают ток стабилизации (или ток ограничения) в интервале от 12 до 600 мА. В данном случае этот ток ограничен возможностями сетевого понижающего трансформатора. Оси этих резисторов выведены на переднюю панель и снабжены ручками со шкалами, с помощью которых можно приближённо установить ток стабилизации. Точное значение индицирует цифровой амперметр.

Поскольку сопротивления переменных резисторов R5 и R6 отличаются в десять раз, преимуществом в задании тока обладает резистор R6, поэтому установку тока ограничения проводят в следующей последовательности. Переместив движок резистора R5 в положение "120 мА", резистором R6 можно проводить установку тока в интервале 12...120 мА. Если же движок переменного резистора R6 переместить в положение "120 мА", резистором R5 можно задать ток ограничения в интервале 120...600 мА.

Выходное напряжение устанавливают переменным резистором R3. От его сопротивления зависит максимальное выходное напряжение. Минимальное выходное напряжение определяется встроенным в микросхему источником образцового напряжения, оно приблизительно равно 2,8 В. Резистор R3

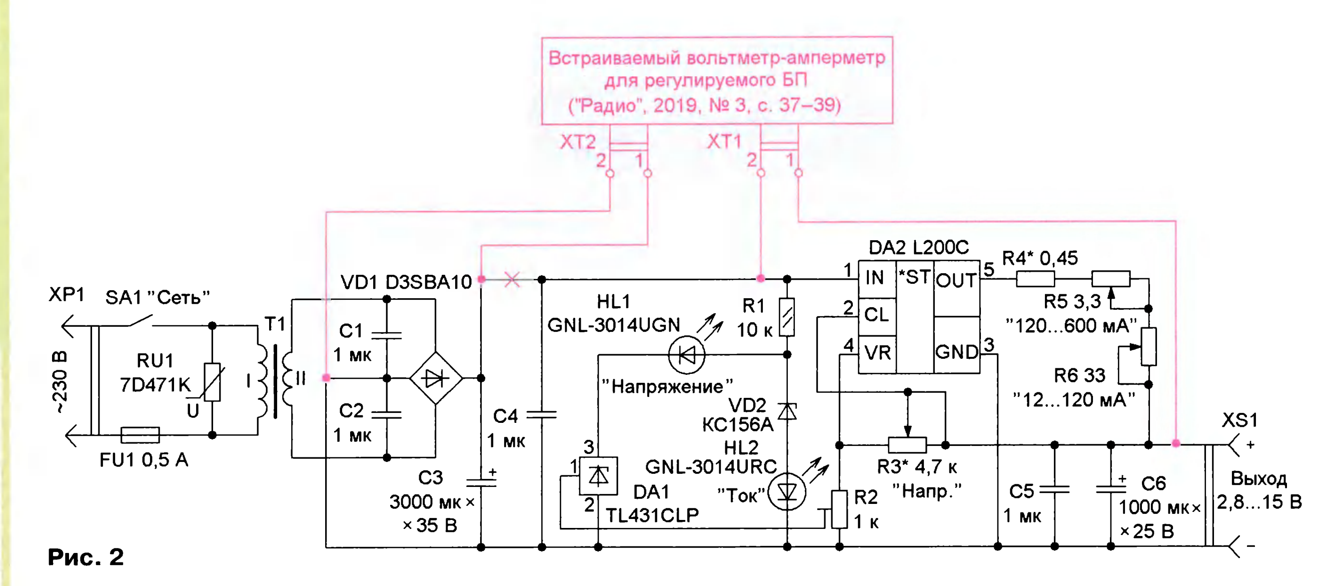
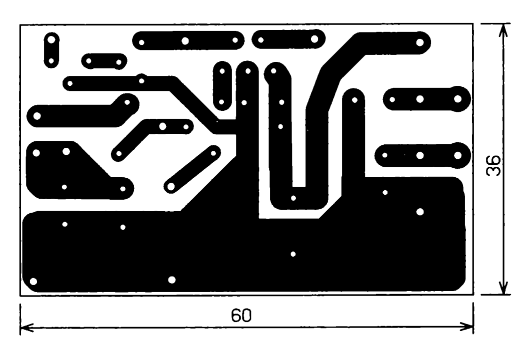


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2019



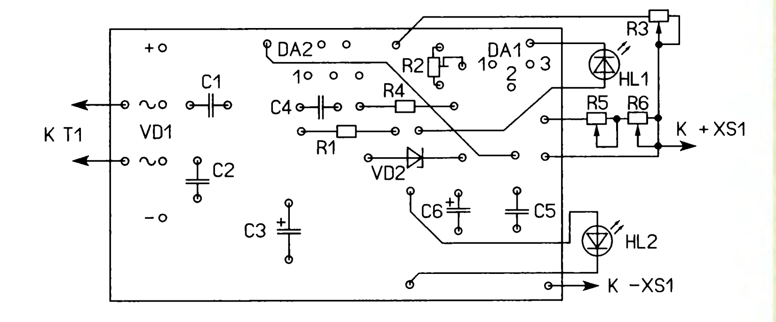


Рис. 3

размещён на передней панели устройства и шкалой не снабжён, поскольку выходное напряжение индицирует встроенный цифровой вольтметр.

На микросхеме DA1 и светодиодах HL1, HL2 собран индикатор режима работы БП. В режиме стабилизации напряжения на входе VR (вывод 4) микросхемы DA2 поддерживается постоянное напряжение около 2,8 В. При этом напряжение на движке подстроечного резистора R2 оказывается немногим более 2,5 В, поэтому микросхема DA1 открыта и через неё протекает ток, приводящий к свечению зелёного светодиода HL1 "Напряжение".



Рис. 4



Рис. 5

Когда ток нагрузки достигнет значения, установленного резисторами R5 и R6, устройство перейдёт в режим стабилизации тока. При этом напряжение на резисторе R2 уменьшится, на его движке напряжение станет менее 2,5 В, поэтому микросхема DA1 станет закрываться, а светодиод HL1 — гаснуть. В этом случае станет светить красный светодиод HL2 "Ток".

Для работы в режиме зарядного устройства необходимо сначала установить конечное напряжение $U_з$, до которого следует зарядить аккумулятор, а затем — ток зарядки $I_з$. При подключении разряженного аккумулятора устройство должно перейти в режим стабилизации тока, а амперметр — индицировать ток зарядки. Резисторами R5 и R6 устанавливают его точное значение. По мере зарядки аккумулятора (или батареи аккумуляторов) напряжение на нём увеличивается, а зарядный ток постепенно уменьшается. Когда напряжение на аккумуляторе приблизится к напряжению $U_з$, устройство перейдёт в режим стабилизации напряжения, светодиод HL2 погаснет, а светодиод HL1 загорится. Переключение светодиодов происходит не скачком, а плавно, поэтому некоторое время они могут светить вместе.

Для индикации выходных напряжения и тока можно применить самые различные встраиваемые вольтметры—амперметры как с жидкокристаллическим, так и со светодиодными индикаторами, которые можно недорого приобрести через Интернет. Поскольку в наличии оказалось такое доработанное устройство [2], оно и встроено в этот БП. Схема его подключения к стабилизатору на микросхеме L200C показана на рис. 2 цветом. Преимуществами этого вольтметра—амперметра является то, что датчик тока включён в плюсовую линию питания, а его сопротивление мало, и кроме того, можно скорректировать показания амперметра, устранив индикацию тока, потребляемого самим стабилизатором. Для других индикаторов схема включения может быть другой, обычно её приводят в описании конкретного вольтметра—амперметра.

Часть элементов размещена на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой показан

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2019

на **рис. 3**. В устройстве применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, Р1-4, переменный R3 — СП4-1, СПО, переменные R5 и R6 — проволочные ППБ, подстроечный R2 — СП3-19. Оксидные конденсаторы — импортные, остальные — плёночные импортные или отечественные серии К73. Стабилитрон КС156А можно заменить любым маломощным с напряжением стабилизации 3,3...6,2 В. Светодиоды — маломощные любых, но разных цветов свечения с диаметром корпуса 3...5 мм. Интервал выходных напряжений и максимальный выходной ток зависят от применённого трансформатора, но при этом следует учесть предельные параметры микросхемы L200C и возможности теплоотвода. В авторском варианте применён сетевой трансформатор от импортного блока питания с напряжением холостого хода на вторичной обмотке 15 В и максимальным током нагрузки 600 мА. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 4**.

Устройство размещено в металлическом корпусе размерами 150×90×55 мм от переключателя цифровых данных Data Switch. На задней панели установлены ребристый теплоотвод размерами 57×52×33 мм от процессора персонального компьютера и держатель плавкой вставки. На передней панели размещены переменные резисторы, переключатель, выключатель питания, светодиоды и выходные гнёзда. Внешний вид устройства показан на **рис. 5**.

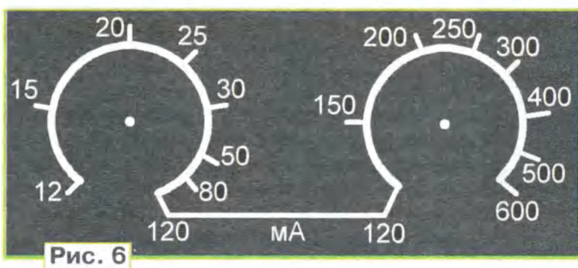


Рис. 6

Налаживание сводится к установке максимального выходного тока подборкой резистора R4, максимальное значение выходного напряжения зависит от сопротивления резистора R3. Вариант совмещённой шкалы для резисторов R5 и R6 показан на **рис. 6** в натуральную величину. Яркость свечения светодиодов можно изменить подборкой резистора R1.

ЛИТЕРАТУРА

1. L200 ADJUSTABLE VOLTAGE AND CURRENT REGULATOR. — URL: **http://www.datasheet-pdf.com/PDF/L200CV-Datasheet-STMicroelectronics-69525** (25.10.19).

2. **Нечаев И.** Встраиваемый вольтметр—амперметр для регулируемого БП. — Радио, 2019, № 3, с. 37—39.

Измеритель диэлектрической абсорбции конденсаторов

Б. ДЕМЧЕНКО, г. Киев, Украина

В статье рассматриваются явление диэлектрической абсорбции в конденсаторах и метод его количественной оценки. Приведена практическая схема простого прибора для измерения коэффициента диэлектрической абсорбции.

Начну с на удивление правдивой выдержки из статьи в американском журнале за 1973 г. [1]: "Технически возможно изготавливать каждый телевизор так, чтобы он работал безотказно в течение многих лет. Однако стоимость такого телевизора была бы столь велика, что фирма, задавшаяся подобной целью, была бы лишена какой-либо возможности участвовать в конкурентной борьбе на рынке". Если говорить не только о надёжности, но и об электрических параметрах, то здесь тоже многое определяется рыночной стоимостью. И часто конкуренция "удешевляет" изделия электронной техники в ущерб их качеству.

Автор, проживший много лет в Советском Союзе и привыкший к недорогим и изготовленным из высококачественных материалов и деталей изделиям, знает, как трудно бывает сегодня из большого разнообразия товаров выбрать тот, который не откажет сразу по истечении гарантийного срока.

Возникла мысль изготовить прибор для контроля и измерения одного, но очень важного параметра конденсаторов — коэффициента диэлектрической абсорбции.

Влияние на работу электронных устройств диэлектрической абсорбции конденсаторов проявляется по-разному. Затягиваются перепады импульсов, нарушается правильная работа интеграторов, неточно работают устройства выборки-хранения. При работе с высоковольтными конденсаторами это явление нужно учитывать для обеспечения электробезопасности.

Диэлектрическая абсорбция — одно из основных свойств диэлектрика. В конденсаторах она приводит к появлению напряжения на выводах конденсатора после его кратковременной разрядки. Рассмотрим эквивалентную схему конденсатора, изображённую на **рис. 1**.

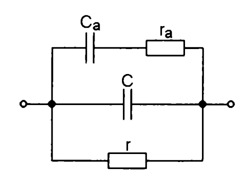


Рис. 1

При кратковременном замыкании выводов полностью заряженного конденсатора скорость разрядки его основного компонента C определяется произведением ёмкости C на сопротивление замыкателя $r_з$. Часть ёмкости этого конденсатора $C_а$, обусловленная поляризацией диэлектрика, за то же время разрядиться не успевает, так как её разрядка происходит через сопротивление абсорбции $r_а$, которое во много раз больше $r_з$.

Графически это представлено на **рис. 2**, где t_1 — интервал зарядки конденсатора; t_2 — интервал его разрядки; t_3 — интервал перераспределения остаточного заряда ёмкости $C_а$ между ней и ёмкостью C. На этом интервале напряжение между выводами конденсатора нарастает до максимального значения $U_{ост}$. Достигнув максимума, оно медленно спадает за счёт саморазрядки конденсатора через сопротивление утечки r.

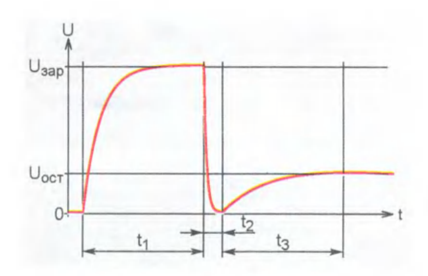


Рис. 2

Отношение остаточного напряжения $U_{ост}$, возникающего на конденсаторе после его зарядки и кратковременной разрядки, к напряжению зарядки называют коэффициентом диэлектрической абсорбции конденсатора и выражают в процентах. Его вычисляют по формуле

$$K_a = \frac{U_{ост}}{U_{зар}} \cdot 100.$$

Напряжение, появляющееся между обкладками конденсатора после его кратковременной разрядки, существен-

но зависит от продолжительности интервалов t_1, t_2 и t_3. Согласно п. 2.11 "Определение коэффициента диэлектрической абсорбции" стандарта [2], она должна быть равна соответственно 3 мин, 5 с и 3 мин. Кроме того, конденсатор перед проведением измерений (до начала зарядки) необходимо подвергнуть длительной начальной стабилизации с закороченными выводами.

Значение коэффициента K_a конденсаторов с различными диэлектриками находится в пределах от тысячных долей до единиц и даже десятков процентов. Наименьшие его значения характерны для фторопластовых и полистирольных конденсаторов, наибольшие — для алюминиевых оксидных конденсаторов.

Я разработал простой прибор для измерения коэффициента диэлектрической абсорбции конденсаторов, по возможности максимально удовлетворив требования, изложенные в [2]. Схема прибора показана на **рис. 3**.

Одно из очень важных требований к нему содержит п. 2.11.3.5 стандарта. В нём сказано, что произведение входного сопротивления вольтметра на номинальную ёмкость конденсатора должно быть не менее чем в 100 раз больше времени, необходимого для считывания результата. Чтобы выполнить это требование, между измеряемым конденсатором C_x и измеряющим напряжение на нём мультиметром установлен повторитель напряжения с крайне высоким входным сопротивлением, собранный на ОУ MCP6231-E/P (DA2).

Максимальное напряжение питания этого ОУ — 5,5 В. Входные токи — порядка 1 пА, смещение нуля — не более 5 мВ. Интервалы допустимого входного и выходного напряжения включают в себя потенциалы линии питания и общего провода (rail-to-rail input and output). Входное сопротивление самого ОУ — 10^{13} Ом, но входное сопротивление повторителя определяется сопротивлением резистора R2, которое может быть при желании увеличено.

Напряжение питания прибора 9 В поступает от гальванической батареи GB1 (6F22 "Крона" или её аналог). Интегральный стабилизатор напряжения DA1 понижает его до 5 В. Светодиод HL1 гаснет при снижении напряжения батареи ниже допустимого (приблизительно +7 В).

Рис. 3

Тип	Ёмкость, мкФ	Напряжение, В	Год выпуска	Диэлектрик	K_a, %
К71-7	0,5	250	1986	Полистирол	0,005
К71-7	0,1	250	1986	Полистирол	0,007
К71-7	0,05	250	1986	Полистирол	0,008
К78-2	0,1	1000	1989	Полипропилен	0,007
МКР2	0,1	100	2019	Полипропилен	0,008
MKS2	0,22	100	2019	Полиэтилентерефталат	0,041
К73-11	1	400	1987	Полиэтилентерефталат	0,045
К73-17	0,1	250	1992	Полиэтилентерефталат	0,044
К73-17	1	250	1992	Полиэтилентерефталат	0,081
ECA1EHG	1000	25	2019	Оксидный	0,48

Переключатель SA2 — ПМ-1 на пять положений. Положение 1 используют для зарядки испытуемого конденсатора C_x, положение 3 — разрядка конденсатора, в положении 5 измеряют остаточное напряжения $U_{ост}$. Последовательность действий при измерении такова:

— длительное (желательно) замыкание выводов конденсатора C_x (переключатель SA2 в положении 3);

— зарядка конденсатора до напряжения +5 В в течение 3 мин (положение 1);

— его разрядка в течение 5 с (положение 3);

— выдержка 3 мин (положение 4);

— считывание показаний мультиметра (положение 5).

Следует стремиться к тому, чтобы постоянная времени разрядки конденсатора C_x во время измерения, равная произведению $R2 \cdot C_x$, была значительно больше продолжительности считывания результата измерения. Этим ограничена минимальная ёмкость испытуемого конденсатора (в рассматриваемом устройстве — 0,05...0,1 мкФ).

К выходу прибора можно подключить любой цифровой вольтметр постоянного тока с пределом измерения 200 мВ, например, мультиметр DT830B в соответствующем режиме. Делитель напряжения R3R4 необходим для того, чтобы показание милливольтметра, равное 200 мВ, соответствовало значению K_a 2 %. При этом каждый милливольт показаний будет означать приращение коэффициента на 0,01 %.

Делитель напряжения R5R6 предназначен для компенсации смещения нуля ОУ. Её добиваются с помощью подстроечного резистора R6 по нулевым показаниям мультиметра при разомкнутом входе повторителя (переключатель SA2 в положении 3).

ОУ MCP6231-E/P можно заменить на любой другой rail-to-rail ОУ с входным током в единицы пикоампер, допускающий однополярное питание. Подойдут, например, MCP6141-I/P, MCP6S91-E/P или AD8515.

В качестве резистора R2 можно применить любой сопротивлением 330...1000 МОм, например, КИМ-0,125, КИМ-Е, С2-33НВ, Р1-32. За неимением другого автор применил резистор R2 номиналом 330 МОм, но желательно при возможности использовать 1000 МОм и более. Это позволит измерять коэффициент абсорбции конденсаторов меньшей ёмкости.

Подстроечный резистор R6 — СПО-0,5. Его ось выведена наружу для удобной регулировки. В качестве выключателя питания SA1 применён тумблер МТ1. Светодиод 5WPG4MC можно заменить любым достаточно ярким светодиодом зелёного свечения.

На печатной плате размерами 125×53 мм размещены все элементы прибора, в том числе выключатель SA1 и переключатель SA2. Для устранения наводок плата помещена в экранированный корпус размерами 135×78×35 мм, на боковой стенке которого расположены зажимы для подключения мультиметра. Корпус изготовлен из фольгированного стеклотекстолита, внутренние медные поверхности его деталей спаяны между собой и соединены с общим проводом печатной платы. Нижняя крышка должна электрически контактировать с корпусом.

Читателям, вероятно, интересны результаты измерения коэффициента абсорбции некоторых конденсаторов. Они приведены в **таблице**. Согласно требованиям [2], длительность интервалов t_1, t_2 и t_3 составляла соответственно 3 мин, 5 с и 3 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Диджер Дж.** Надёжность как фактор стоимости бытовой электронной аппаратуры. — Электроника, 1973, № 18.

2. ГОСТ 28885-90. Конденсаторы. Методы измерений и испытаний. — URL: **http://gostrf.com/normadata/1/4294825/4294825836.pdf** (07.10.2019).

РАДИО®
ИЗМЕРЕНИЯ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2019

Многофункциональный частотомер на микроконтроллере PIC18F252-I/SP (v.4.2.1)

В. ТУРЧАНИНОВ, г. Севастополь

По сравнению с предыдущими версиями, описанными в [1—3], возможности частотомера расширены, а его параметры улучшены.

Предлагаемый прибор измеряет частоту синусоидальных и других периодических сигналов, длительность высокого и низкого логических уровней прямоугольных импульсов, уход частоты сигнала от измеренного начального значения за определённый интервал времени, отношение частот сигналов, поданных на два входа, резонансную частоту LC-контура. Он подсчитывает число видео- и радиоимпульсов, поступивших за время измерения, и определяет параметры N-го видео- или радиоимпульса.

Прибор имеет в своём составе два делителя частоты, её умножитель, генератор одиночного импульса (таймер), два генератора пакетов импульсов, генератор импульсов с ШИМ, генератор импульсов псевдослучайной длительности. Для него разработаны приставки, позволяющие измерять температуру окружающей среды в процессе других измерений, резонансную частоту параллельных RC-контуров, а также приставка ФНЧ с плавно регулируемой частотой среза.

Выполнением всех функций прибора управляет микроконтроллер. Задаваемые параметры и результаты измерений отображаются на символьном ЖКИ (две строки по 16 символов).

Основные технические характеристики

<u>По дискретному входу TTL:</u>

Логические уровни входного сигнала, В:
- низкий . . . . 0...0,6
- высокий . . . . .3,5...5

Пределы измерения частоты, Гц, ...1...50·10^6

Погрешность измерения частоты, не хуже
- в интервале 1 Гц...10 кГц, % . . . .±0,001
- в интервале 10 кГц...1 МГц, Гц . . . .±1
- выше 1 МГц, % . . . .±0,001

Пределы измерения ухода частоты сигнала, Гц . . . . .1...10^6

Пределы измерения длительности прямоугольных импульсов высокого и низкого логических уровней при частоте их повторения не более 10 кГц, мкс . . . . .1...10^6

Погрешность измерения длительности таких импульсов, мкс, не хуже . . . .±1

Пределы измерения длительности прямоугольных импульсов высокого и низкого логических уровней при частоте их повторения 10 кГц...50 МГц, нс . . . .10...10^5

Погрешность измерения длительности таких импульсов:
- в интервале 10...1000 нс, нс, не хуже . . . .±5
- в интервале 1...100 мкс, %, не хуже . . . .±5

Пределы измерения длительности одиночных импульсов высокого и низкого логических уровней, мкс . . . . .1...10^7

Погрешность измерения длительности таких импульсов:
- в интервале 1...10^5 мкс, мкс, не хуже . . . .±1
- в интервале 0,1...10 с, %, не хуже . . . .±0,001

Пределы счёта видеоимпульсов . . . . 1...10^8

Длительность счётного импульса, нс, не менее 10

Длительность паузы между счётными импульсами, нс, не менее 10

<u>По аналоговому входу VHF:</u>

Входное сопротивление, кОм 10

Напряжение сигнала, Вэфф . . .0,1...10

Пределы измерения частоты, Гц . . . . .1...50·10^6

Погрешность измерения частоты, не хуже:
- в интервале от 1 Гц до 1 МГц, Гц . . . .±1
- выше 1 МГц, % . . . .±0,001

Пределы измерения ухода частоты сигнала, Гц . . . . .1...10^6

<u>По аналоговому входу UHF:</u>

Входное сопротивление, Ом 50

Напряжение сигнала, Вэфф . . . .0,1...1

Пределы измерения частоты, МГц . . . . .50...1000

Погрешность измерения частоты, кГц, не хуже . . . .±1

Пределы измерения ухода частоты сигнала:
- частотой от 1 кГц до 50 МГц, поданного на входы TTL или VHF, Гц . . . . .1...10^6
- частотой от 50 МГц до 1000 МГц, поданного на вход UHF, кГц, не более . . . .1...10^5

Интервал счёта при измерении частоты, с 1

Интервал измерения температуры, °C . . . .–25...+125

Погрешность измерения температуры, %, не хуже 1

Напряжение питания (постоянное), В . . . . .9...16

Потребляемый ток, мА . . . . . .100...150

Прибор подсчитывает до 1000000 радиоимпульсов, поступающих на вход VHF (частота заполнения от 100 кГц до 50 МГц) или на вход UHF (частота заполнения от 50 МГц до 1000 МГц) при длительности единичного импульса от 100 мкс до 100 мс и длительности паузы между импульсами от 100 мкс до 100 мс. При длительности радиоимпульса более 1 мс частота его заполнения измеряется и выводится на ЖКИ. На разъёме TTL, работающем в режиме выхода, формируется проинвертированная огибающая измеряемой последовательности радиоимпульсов.

Возможно измерение длительности N-го видеоимпульса (N≤256) из их последовательности, подаваемой на дискретный вход TTL, и следующей за ним паузы. Длительность импульсов и пауз между ними — от 1 мкс до 1000 мс. Погрешность измерения — ±1 мкс.

Измеряется также длительность N-го радиоимпульса (N≤256) из их последовательности, подаваемой на вход VHF (частота заполнения от 100 кГц до 50 МГц) или на вход UHF (частота заполнения от 50 МГц до 1000 МГц) и следующей за ним паузы. Длительность радиоимпульсов и пауз между ними — от 100 мкс до 100 мс. В момент прохождения N-го импульса на выходе TTL формируется синхроимпульс длительностью, равной длительности измеряемого импульса на входе VHF, или пачка импульсов с частотой заполнения в 1000 раз меньше частоты заполнения измеряемых импульсов на входе UHF. Погрешность измерения длительности импульса — ±100 мкс.

Возможно измерение отношения частоты сигнала, поданного на вход VHF, к частоте сигнала (от 1 Гц до 50 МГц), поданного на вход TTL. Максимальное измеряемое отношение — 1000000. Максимальное измеряемое отношение частоты сигнала, поданного на вход UHF (от 50 МГц до 1000 МГц), к частоте сигнала на входе VHF (от 1 Гц до 50 МГц) может достигать 10000.

Измерение резонансной частоты параллельного колебательного контура от 1 кГц до 1 МГц выполняется с помощью внешней приставки. А для измерения температуры к частотомеру нужно подключить внешний датчик.

Имеется тестовый режим, в котором на разъёме TTL, служащим в этом случае выходом, формируются прямоугольные импульсы с уровнями TTL и частотой следования (по выбору) 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц, 10 Гц или 1 Гц. Эти значения перебирают нажатиями на кнопку. Погрешность установки частоты — не хуже ±0,001 %.

В режиме таймера на выходе TTL формируется прямоугольный импульс длительностью от 1 мкс до 100 с с шагом установки 1 мкс (до 10 мс), 10 мкс (до 100 мс), 100 мкс (до 1 с), 1 мс (10 с) и 10 мс (до 100 с). Импульс может быть

высокого или низкого логического уровня. Запускают таймер вручную нажатием на кнопку или внешним импульсом, поданным на вход VHF.

В режиме генератора пачки импульсов на выходе TTL формируются прямоугольные импульсы длительностью от 3 мкс до 65535 мкс с паузами между ними от 3 мкс до 65535 мкс. Число импульсов в пачке — от 1 до 65535. Длительность импульсов и пауз устанавливают нажатиями на кнопки независимо с шагом 1 мкс, а число импульсов — с шагом 1. Если задать число импульсов равным нулю, прибор будет работать как генератор их непрерывной последовательности. Запуск генератора может быть ручным (нажатием на кнопку) или внешним (импульсом, поданным на вход VHF).

При работе прибора в режиме генератора пачки импульсов разной длительности (для каждого импульса и паузы после него её устанавливают индивидуально) на выходе TTL формируются прямоугольные импульсы длительностью от 3 мкс до 65535 мкс с паузами между ними от 3 мкс до 65535 мкс и с числом импульсов в пачке от 1 до 32. Шаг установки длительности импульса — 1 мкс, числа импульсов — 1. Запускают генератор коротким нажатием на кнопку или внешним импульсом, подаваемым на вход VHF.

Генератор прямоугольных импульсов формирует на выходе TTL прямоугольные импульсы, следующие с частотой от 1,000 Гц до 99,99 кГц. Частоту их следования устанавливают нажатиями на кнопки. Погрешность её установки — не хуже ±0,1 %. Запускают генератор коротким нажатием на кнопку.

Генератор импульсов с ШИМ формирует прямоугольные импульсы, следующие с периодом T=0,795 мс (частота повторения 1,258 кГц). Их длительность от 1/255 T до 244/255 T устанавливают нажатиями на кнопки. Запуск — кратковременным нажатием на кнопку.

Генератор псевдослучайной последовательности импульсов формирует на выходе TTL пачку прямоугольных импульсов, длительность которых и длительность пауз между ними изменяются псевдослучайным образом. Запуск и остановка — кратковременными нажатиями на кнопку.

Делитель частоты до 50 МГц имеет переменный коэффициент деления от 3 до 16383. Сверхвысокочастотный дели-

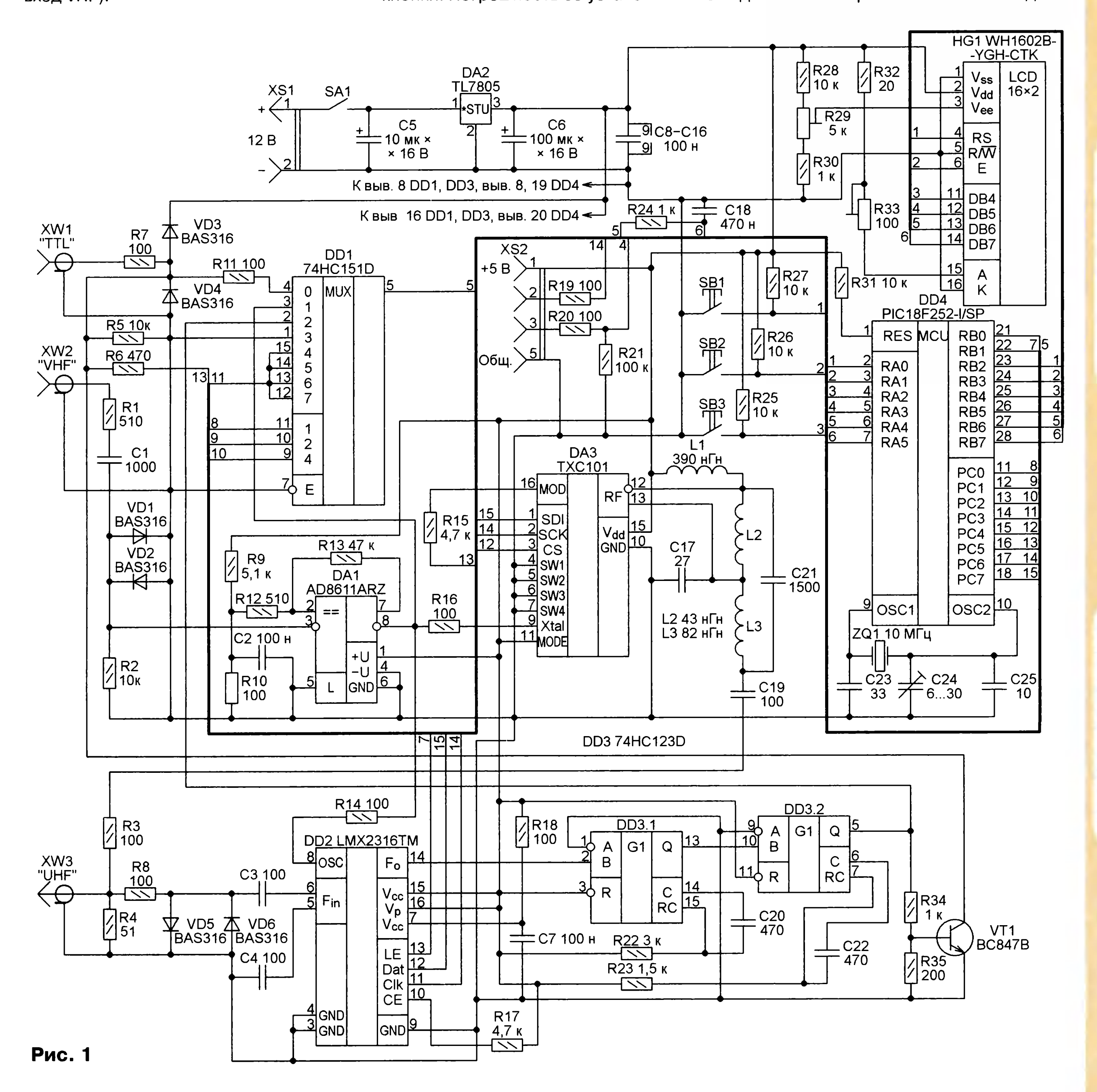


Рис. 1

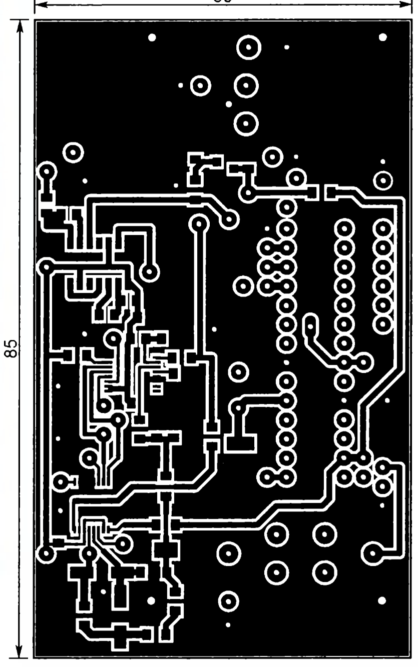
ИЗМЕРЕНИЯ

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2019

тель частоты от 50 МГц до 1000 МГц имеет коэффициент деления от 1000 до 262143. В обоих случаях его устанавливают нажатиями на кнопки. После включения делителя прибор проверяет сигнал на входе UHF. Если он отсутствует или его параметры не соответствуют требуемым, на ЖКИ выводится сообщение "NO SIGNAL". Результат деления — импульсы низкого логического уровня длительностью 0,5 мкс на выходе TTL. При работе делителя происходят также измерение выходной частоты и вывод её значения на ЖКИ. Погрешность измерения — не хуже ±10 Гц.

Входной сигнал, который подают на вход VHF в режиме умножения его частоты, должен иметь частоту 8...12 МГц и напряжение 0,5...5 Вэфф. Коэффициент умножения можно изменять в пределах от 43,024 до 43,97575 шагами по 0,00025. Следовательно, частота сигнала на разъёме UHF, работающем в режиме выхода, может находиться в пределах от 344,192 МГц до 527,709 МГц с пропорциональным входной частоте шагом от 2 кГц до 3 кГц. Уровень мощности выходного сигнала — регулируемый от 0 дБм до −21 дБм с шагом 3 дБм.



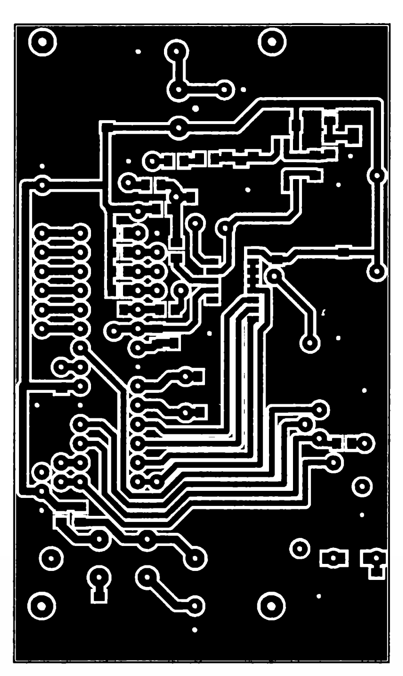
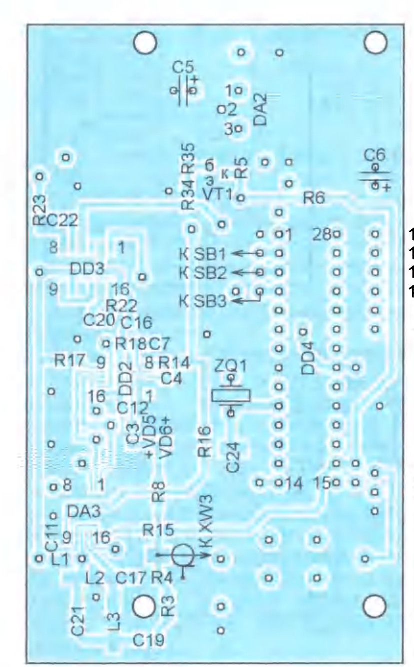


Рис. 2



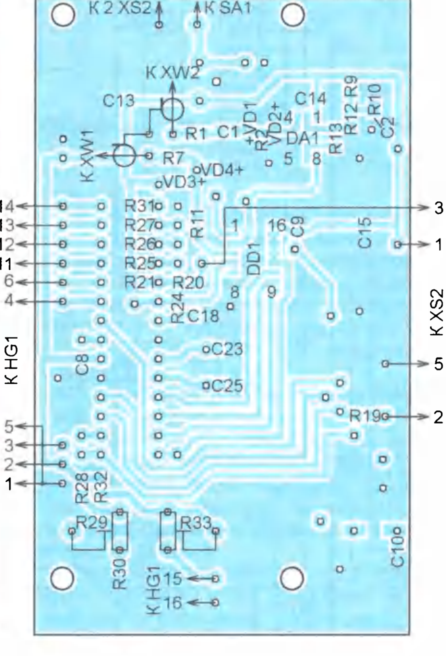


Рис. 3

Выходной сигнал умножителя можно манипулировать импульсным сигналом по амплитуде (On-Off Keying, OOK) или по частоте (Frequency Shift Keying, FSK). При FSK девиацию частоты задают дискретно от 30 до 210 кГц с шагом 30 кГц (при частоте входного сигнала 10 МГц). При другой входной частоте девиация изменится пропорционально. Можно задать внутреннюю (частотой 1 кГц) или внешнюю манипуляцию.

При выключении прибора все сделанные в процессе работы с ним установки сохраняются в энергозависимой памяти и восстанавливаются при последующем включении.

Принципиальная схема частотомера изображена на **рис. 1**. Микроконтроллер DD4 PIC18F252-I/SP работает с тактовой частотой 10 МГц, стабилизированной кварцевым резонатором ZQ1. Её точное значение устанавливают подстроечным конденсатором C24. Описания семейства микроконтроллеров PIC18F252 и средств их программирования имеются в [4].

Выключателем SA1 включают и выключают питание прибора. Стабилизатор напряжения питания +5 В собран на интегральном стабилизаторе DA2 TL7805 [5]. Для вывода визуальной информации применён ЖКИ HG1 WH1602B-YGH-CTK [6]. Подстроечным резистором R33 регулируют яркость подсветки его табло, а подстроечным резистором R29 устанавливают оптимальную контрастность изображения.

Кнопки SB1—SB3 подключены к входам микроконтроллера и предназначены для управления частотомером. Резисторы R25—R27 поддерживают высокий логический уровень на этих входах при отпущенных кнопках.

На ОУ DA1 AD8611ARZ [7] собран быстродействующий компаратор. Резистор R1 — токоограничительный, через резистор R2 инвертирующий вход компаратора соединён с общим проводом, конденсатор C1 — разделительный по входу. Резисторы R9 и R10 образуют делитель напряжения смещения, подаваемого на неинвертирующий вход ОУ, резисторы R12 и R13 — цепь положительной обратной связи, создающей гистерезис в характеристике переключения компаратора. Диоды VD1 и VD2 защищают его вход от повышенного напряжения.

DD3.1 — одновибратор с времязадающей цепью R22C20. Его запускают импульсы с выхода делителя частоты DD2. DD3.2 — второй одновибратор, запускаемый импульсами первого. Его времязадающая цепь — R23C22. Описание микросхемы DD3 74HC123D можно найти в [8].

На транзисторе VT1 и резисторах R5, R34 и R35 собран формирователь выходных импульсов делителя частоты и генератора импульсов. На мультиплексоре DD1 74HC151D [9] собран коммутатор входов. Резисторы R7, R11 и диоды VD3 и VD4 защищают его вход 0. Микросхема DD2 LMX2316TM [10] — делитель частоты. Резистор R18 и конденсатор C7 — фильтр его питания. Резистор R17 — токоограничивающий. Конденсаторы C3 и C4 — разделительные, C7 — блокировочный. Диоды VD5 и

VD6 защищают вход делителя от повышенного напряжения.

Резисторы R20 и R21 необходимы для соединения выхода аналогового датчика температуры с входом микроконтроллера.

На микросхеме DA3 TXC101 [11] собран умножитель частоты. Элементы L1, L2, L3, C21, C17 образуют полосовой фильтр с полосой пропускания 350...550 МГц.



Рис. 4

Всеми функциями прибора управляет микроконтроллер DD4 PIC18F252-I/SP. Его программа написана на языке ассемблера MPASM в среде разработки MPLAB IDE v.7.5. При измерении частоты микроконтроллер считает импульсы, поступающие на его вход RA4 за заданный интервал времени и выводит результат счёта на ЖКИ HG1 по четырёхразрядному интерфейсу.

Измеряя длительность импульсов высокого логического уровня, микроконтроллер подсчитывает тактовые импульсы частотой 1 МГц, запуская счёт по нарастающему перепаду измеряемого импульса и останавливая его по спадающему перепаду. Длительность импульсов низкого логического уровня микроконтроллер определяет, считая машинные такты длительностью 100 нс, запуская счёт по спадающему перепаду измеряемого импульса и останавливая по его нарастающему перепаду. Измеряемые импульсы поступают на вход INT0 (RB0) микроконтроллера.

В момент запуска режима измерения ухода частоты входного сигнала программа измеряет её начальное значение. Затем каждую секунду она измеряет текущее значение частоты и выводит на ЖКИ разность текущего и начального значения. По завершении цикла измерений на ЖКИ отображаются максимальные в одну и другую сторону значения ухода частоты, зафиксированные за время измерения.

Делитель частоты входного сигнала, лежащей в интервале 50...1000 МГц, собран на микросхеме DD2 LMX2316TM. Она имеет два встроенных делителя, которые делят частоту сигналов, подаваемых на входы VHF и UHF. Микроконтроллер передаёт необходимый коэффициент деления в микросхему DD2 по последовательному интерфейсу.

Чертёж печатной платы частотомера изображён на **рис. 2**. Она рассчитана на установку постоянных резисторов и конденсаторов для поверхностного монтажа. Подстроечные резисторы R29 и R33 — SH-655MCL, подстроечный конденсатор C24 — TSC3P300A110R00, конденсаторы C5 и C6 — оксидные алюминиевые. Разъёмы XW1—XW3 — 24 BNC-50-2-20/133 NE. Разъём питания XS1 — 3-227 5,5×2,1 мм, разъём XS2 для подключения датчика температуры и других приставок — MDN-6F. Кнопки SB1—SB3 — TS-A3PG-130, выключатель SA1 — SW-012103.

Расположение деталей на плате показано на **рис. 3**. Для микроконтроллера DD4 на ней установлена панель.

Прибор собран в пластмассовом корпусе Z-28 [12]. Передняя фальшпанель изготовлена из бумаги на лазерном принтере, бритвенным лезвием в ней вырезан прямоугольник 70×25 мм для ЖКИ. Далее она ламинирована и обрезана по размерам 100×100 мм. В панели просверлены три отверстия диаметром 3 мм под кнопки SB1—SB3. Они установлены на пластине из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и размерами 100×12 мм, которая закреплена по краям двумя винтами М3. Фальшпанель приклеена к корпусу цианоакрилатным клеем.

С левой стороны корпуса находится гнездо питания XS1. С правой стороны — выключатель SA1. Гнездо и выключатель соединены с платой проводом МГТФ-0,5. С тыльной стороны прибора установлены разъёмы XW1—XW3, соединённые с платой отрезками коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом. В передней части корпуса помещён разъём XS2, предназначенный для подключения к частотомеру датчика температуры, ФНЧ с перестраиваемой частотой среза и, возможно, других приставок.

Внешний вид частотомера изображён на **рис. 4**. Кнопкой SB1 "START" запускают и останавливают измерения в режимах счёта импульсов и измерения ухода частоты. Кнопкой SB2 "INPUT" выбирают используемый вход прибора (TTL, VHF или UHF). Кнопкой SB3 "RANGE" выбирают параметр измеряемого сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Турчанинов В.** Частотомер до 1250 МГц. — Радио, 2016, № 2, с. 16—19.

2. **Турчанинов В.** Многофункциональный частотомер на микроконтроллере PIC16F873A (v.3.0). — Радиолюбитель, 2016, № 8, с. 20—23; № 9, с. 27—31.

3. **Турчанинов В.** Многофункциональный частотомер на микроконтроллере PIC18F252-I/SP (v.4.0). — Радиолюбитель, 2018, № 6, с. 18—21; № 7, с. 23—25; № 8, с. 21—23; № 9, с. 19—21.

4. PIC18FXX2 High-Performance, Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D. — URL: **http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf** (21.10.2019).

5. LM78XX/LM78XXA 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator. — URL: **http://hades.mech.northwestern.edu/images/6/6c/LM7805.pdf** (21.10.2019).

6. Использование символьных жидкокристаллических LCD дисплеев. Пример на GCC (WinAVR) для Atmega 8. — URL: **http://www.avislab.com/blog/lcd/** (21.10.2019).

7. AD8611/AD8612 Ultrafast, 4 ns Single-Supply Comparators. — URL: **http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8611_8612.pdf** (21.10.2019).

8. CD74HC123, CD74HCT123,CD74HC423, CD74HCT423 High Speed CMOS Logic Dual Retriggerable Monostable Multivibrators with Resets. — URL: **http://radio-hobby.org/uploads/datasheet/35/hc12/hc123.pdf** (21.10.2019).

9. CVD74HC151, CD74HC151, CVD74HCT151, CD74HCT151 High-Speed CMOS Logic 8-Input Multiplexer. — URL: **http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cVD$34hc151.pdf** (21.10.2019).

10. LMX2306/LMX2316/LMX2326 PLLatinum™ Low Power Frequency Synthesizer for RF Personal Communications. LMX2306 550 MHz, LMX2316 1.2 GHz, LMX2326 2.8 GHz. — URL: **http://datasheet.elcodis.com/pdf2/82/14/821475/lmx2316.pdf** (21.10.2019).

11. TXC101 300-1000 MHz Transmitter. — URL: **https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Murata%20PDFs/TXC$31.pdf** (21.10.2019).

12. Enclosure Z28. — URL: **http://files.rct.ru/pdf/kradex/kradex-z28.pdf** (08.11.2019).

(Продолжение следует)

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Автомат-выключатель новогодней иллюминации

А. БАХАРЕВ, г. Вяземский Хабаровского края

В предложенном мной устройстве, описание которого опубликовано в "Радио", 2018, № 11, с. 34, 35 (**Бахарев А.** "Автомат-выключатель иллюминации новогодней ёлки"), применён фоточувствительный элемент (фотодиод). Если устройство находится вблизи новогодней ёлки, в тёмное время суток оно может сработать от света фар подъезжающих автомашин или от вспышек новогодних фейерверков, что приводит к сбою алгоритма работы устройства. Поэтому в предлагаемом устройстве фоточувствительный элемент исключён, а схема упрощена. Схема устройства показана на **рисунке**. На генераторном узле микросхемы DD1 собран задающий RC-генератор с частотой следования импульсов 48,8 Гц. Частота генератора делится счётчиком микросхемы DD1 и затем счётчиком DD2, а сигнал с его выхода поступает на исполнительное устройство, собранное на транзисторе VT3 и реле K1. Отсчёт времени начинается с момента подачи сетевого напряжения, примерно через шесть часов нагрузка будет выключена, затем через 18 часов вновь будет подключена и т. д.

При включении питания начинает работать RC-генератор, одновременно счётчик DD2 за счёт зарядки конденсатора C3 устанавливается в нулевое состояние, а транзистор VT3 за счёт зарядки конденсатора C5 кратковременно откроется и реле K1 сработает. Контакты K1.1 при этом замыкаются, а поскольку на выходе 2^6 (вывод 6) счётчика DD2 низкий логический уровень, транзистор VT3 останется открытым и на реле поступает постоянное напряжение. Через его контакты K1.2 сетевое напряжение поступает на нагрузку — устройство новогодней иллюминации.

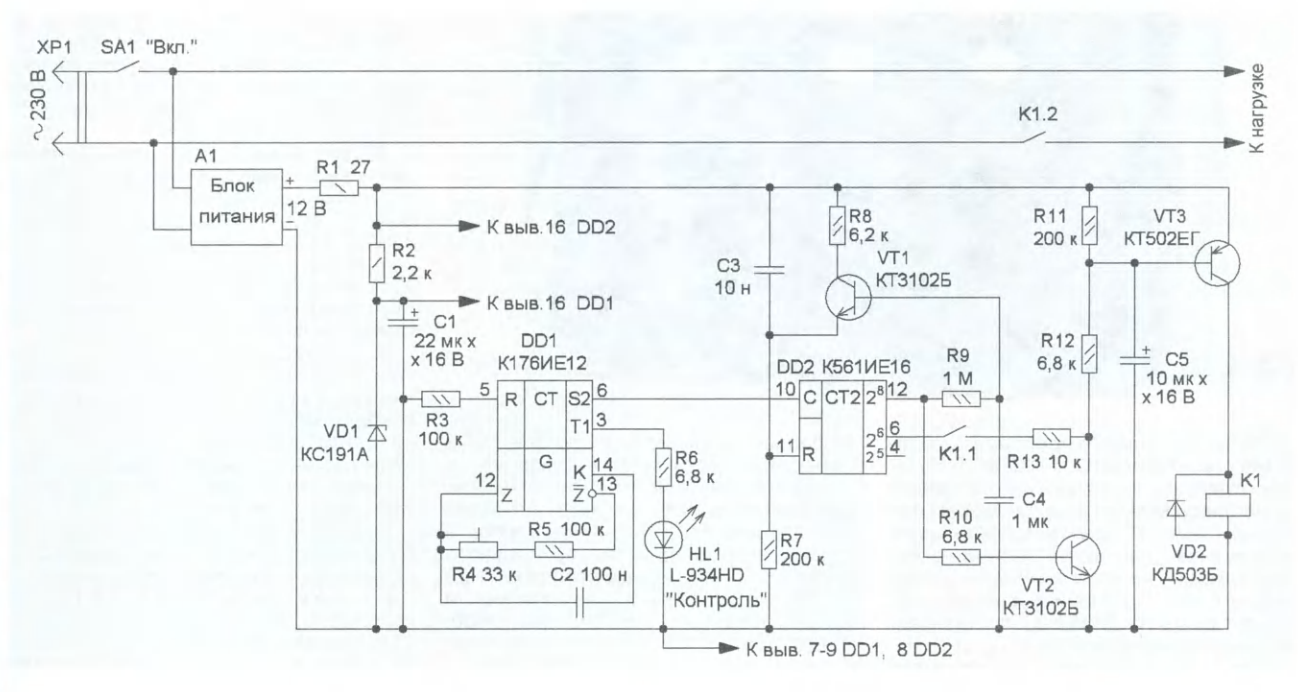
Частота RC-генератора сначала делится на 16384 счётчиком микросхемы DD1, а затем на 64 счётчиком DD2. В результате через шесть часов после включения нагрузки на выходе 2^6 (выводе 6) счётчика DD2 появится высокий логический уровень, транзистор VT3 закроется, реле K1 будет обесточено и отключит нагрузку от сети. Имеется возможность сократить продолжительность работы новогодней иллюминации до трёх часов. Для этого левый по схеме контакт реле K1.1 надо подключить к выводу 4 счётчика DD2. Светодиод HL1 периодически вспыхивает, сигнализируя о том, что идёт отсчёт времени.

В таком состоянии устройство будет находиться до тех пор, пока на выводе 12 счётчика DD2 не появится высокий логический уровень, а это произойдёт примерно через 18 часов. В этом случае высокий уровень пройдёт через транзистор VT1 и поступит на вход R счётчика DD2, обнулив его. Одновременно откроется транзистор VT2, а вслед за ним и транзистор VT3, реле K1 сработает. В результате иллюминация включится, и отсчёт времени её работы начнётся заново.

Устройство собрано на макетной печатной плате с применением проводного монтажа. Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23, подстроечный резистор желательно применить многооборотный, например серии СП5. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, конденсатор C2 желательно подобрать с отклонением не более 1...2 %, кроме того, он должен быть плёночным с малым ТКЕ, остальные конденсаторы — плёночные или керамические. Транзисторы можно применить маломощные серии КТ3102 (VT1, VT2) или серий КТ502, PN2907 (VT3). Стабилитрон — маломощный на напряжение 9 В, например Д808, диод — любой маломощный выпрямительный или импульсный. Реле — с номинальным напряжением обмотки 12 В, контакты которого рассчитаны на коммутацию напряжения 230 В и ток, потребляемый нагрузкой. Блок питания — любой маломощный стабилизированный с выходным напряжением 12 В и током до 200 мА.

Налаживание устройства заключается в установке частоты RC-генератора 48,8 Гц с помощью резистора R4. Для этого можно применить частотомер (измеритель интервалов времени). Период следования импульсов на выводе 3 микросхемы DD1 должен быть 5,2 с. При отсутствии специальных приборов можно применить секундомер. Время начала работы устройства можно скорректировать отключением/включением питания.

Устройство вместе с блоком питания размещено в одной пластмассовой коробке, на задней стенке которой установлены гнёзда для подключения нагрузки и сделан вывод кабеля питания. На передней панели установлены выключатель питания и светодиод. Для повышения стабильности отсчёта интервалов времени устройство желательно установить в отапливаемом помещении. ■



Ещё один способ управления люстрой

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

Хочу поделиться способом управления трёхламповым светильником (люстрой). Он заключается в оснащении её сенсорным выключателем, позволяющим включать нужное число ламп простыми прикосновениями к сенсору.

Схема переключателя изображена на **рис. 1**. В её основе — сенсорный выключатель, предложенный в [1], и счётчик-делитель на три, описанный в [2]. После замыкания контактов выключателя SA1 сразу же включается лампа EL1, а на микросхемы DD1 и DD2 поступает напряжение питания. При этом цепь R6C6 обеспечивает установку счётчика-делителя в состояние с низкими уровнями напряжения на прямых выходах обоих триггеров микросхемы DD2, поэтому лампы EL2 и EL3 остаются выключенными.

Рис. 1

DD1, DD2 К561ТМ2

Сенсор E1 представляет собой тонкий неизолированный провод, свисающий с люстры. Длина провода должна быть такой, чтобы прикоснуться к нему можно было только поднятой рукой, но ни в коем случае не головой. Передвигаться по комнате он не мешает и практически незаметен.

При прикосновениях к сенсору E1 одновибратор на триггере DD1.1 [3] формирует импульсы, поступающие на вход счётчика-делителя на три, состоящего из триггеров DD2.1 и DD2.2. Первое прикосновение включает лампу EL3, второе — лампу EL2, третье — выключает их. Далее этот цикл повторяется. Чтобы выключить все три лампы, нужно разомкнуть выключатель SA1.

Прикосновения к сенсору должны быть короткими. Если задержать на нём руку, то через некоторое время, зависящее от ёмкости конденсатора C4, одновибратор выдаст ещё один импульс и продолжит их выдавать, пока сенсор не будет отпущен. С каждым импульсом состояние счётчика-делителя будет изменяться, а лампы EL2 и EL3 включаться и выключаться.

Сдвоенные D-триггеры К561ТМ2 можно заменить аналогичными серии К176 или применить вместо них три одиночных D-триггера К176ТМ1. Однако в последнем случае нужно установить перед входом C триггера DD1 эмиттерный повторитель подобно тому, как это сделано в [1].

Замену стабилитрону 1N4739A можно выбирать с напряжением стабилизации, лежащим в пределах 7,5...9 В, но мощностью не менее 1 Вт. Это связано с тем, что при указанной на схеме ёмкости конденсатора C2 через стабилитрон течёт ток более 60 мА.

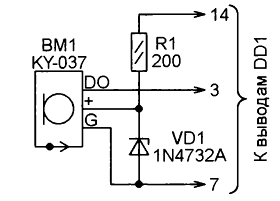


Рис. 2

Вместо диодов КД522А можно использовать КД522Б или любые другие маломощные кремниевые диоды. Диод 1N4007 можно заменить любым выпрямительным диодом с допустимым напряжением не менее 400 В и прямым током не менее 0,1 А.

Симисторы BT134-600 могут быть заменены на BT136-600, BTA06-600, BTA10-600 или другие подобные с током открывания 5...10 мА. Конечно, можно применить симисторы и с большим током открывания, но тогда придётся уменьшать сопротивление резисторов R7 и R8 и при этом контролировать напряжение питания микросхем. Если оно при одновременном открывании обоих симисторов будет падать, необходимо увеличить ёмкость конденсатора C2.

Транзисторы КТ315Б можно заменить любыми другими структуры n-p-n с допустимым напряжением коллектор—эмиттер 15...20 В и коэффициентом передачи тока базы не менее 100.

Собранный без ошибок переключатель в налаживании не нуждается и начинает работать сразу. Поскольку его элементы имеют гальваническую связь с сетью, во время проверки работоспособности переключателя следует соблюдать осторожность, все изменения и перепайки производить только после отключения устройства от сети.

При желании можно переключать лампы не прикосновениями к сенсору, а громкими звуками. Например, хлопками в ладоши. Но необходимо учитывать, что одновременно с возможностью управления светильником, не вставая с дивана, появится и вероятность переключения ламп от громких посторонних звуков, например, от работающего телевизора или просто громкого разговора.

Чтобы перевести описанный выше переключатель на звуковое управление, нужно предварительно удалить из него сенсор E1, конденсатор C1, резисторы R1 и R2, диоды VD2 и VD3. Затем подключить к нему по изображённой на **рис. 2** схеме микрофонный модуль KY-037 [4].

Внешний вид этого модуля показан на **рис. 3**. Он имеет аналоговый выход AO и цифровой выход DO, но в рассматриваемом случае аналоговый выход не используется. Чувствительность модуля регулируют имеющимся на его печатной плате подстроечным резистором, наблюдая за вспышками верхнего, согласно рис. 3, светодиода (он обозначен L2). Они происходят, когда модуль срабатывает от звука достаточной громкости. Хотя используется цифровой выход модуля, одновибратор на триггере DD1.1 всё равно необходим, поскольку под воздействием звука на этом выходе возникает, как правило, целая серия коротких импульсов. Стабилитрон 1N4732A можно заменить отечественным КС147А или КС156А.



Рис. 3

ЛИТЕРАТУРА

1. **Карпачев А.** И снова о сенсорном выключателе... — Радио, 2017, № 10, с. 45—47.

2. **Банников В.** Делитель частоты импульсов на три. — Радио, 1994, № 5, с. 36.

3. Одновибраторы на D-триггерах. — Радио, 1984, № 7, с. 58.

4. KY-037 Аналогово-цифровой датчик звука. — URL: **https://imrad.com.ua/userdata/modules/wproducts/wprod_products/151683/KY-037.pdf** (17.09.2019).

Дистанционный термометр с речевым оповещением

А. МЕЛЬНИКОВ, г. Барнаул

Для дистанционного включения обогрева в доме, расположенном на дачном участке, автор использовал устройство [1] совместно с дистанционным переключателем серии РПС и промежуточным реле, которое по сигналу от сотового телефона подключает к сети 230 В теплоэлектровентилятор мощностью 2 кВт. Для контроля включения теплоэлектровентилятора был собран простейший звуковой сигнализатор на микросхеме УМС8-08, динамическая головка которого размещена рядом с микрофоном сотового телефона и воспроизводит мелодию, когда на теплоэлектровентилятор подано напряжение питания.

Но наряду с контролем факта включения теплоэлектровентилятора интересно контролировать и температуру в помещении, следя за её изменением в процессе работы обогревателя. При этом для контроля температуры желательно использовать тот же телефонный канал связи, что используется для включения обогревателя, и обойтись без смартфона и доступа в Интернет.

Просматривая журналы "Радио" прошлых лет, автор обратил внимание на статью [2], в которой описан S-метр для репитера с голосовой индикацией на основе "говорящих" часов. Идея использования часов с термометром для дистанционного контроля температуры показалась автору заманчивой, тем более что такие часы с термометром уже имелись в наличии.

Ночник с часами и термометром торговой марки "Уютель" (**рис. 1**) представляет собой своего рода кнопку, при нажатии на которую (точнее, на верхнюю часть) устройство на русском языке проговаривает текущее время и температуру воздуха в помещении. Верхняя часть светильника (кнопка) изготовлена из прозрачного пластика и имеет полость, внутри которой в жидкости плавает маленькая пластмассовая рыбка. При покупке ночника в 2012 г. эта жидкость имела голубой цвет, но по прошествии нескольких лет стала полностью прозрачной. Функцию собственно ночника выполняет светодиод белого свечения, установленный в центре светильника под капсулой с рыбкой, который включается при повороте корпуса светильника вокруг вертикальной оси. Часами управляют с помощью трёх кнопок, которые вместе с ЖК-индикатором размещены снизу корпуса устройства. Круглый разъём, который виден на рис. 1 с правой стороны корпуса, был установлен уже после модернизации устройства.

Часы-термометр-ночник были разобраны (**рис. 2**) и составлена схема внутренних соединений, которая показана на **рис. 3** (нумерация контактов платы условная). Плата часов с термометром содержит в своём составе контроллер в бескорпусном исполнении, кварцевый резонатор, три кнопки уп-

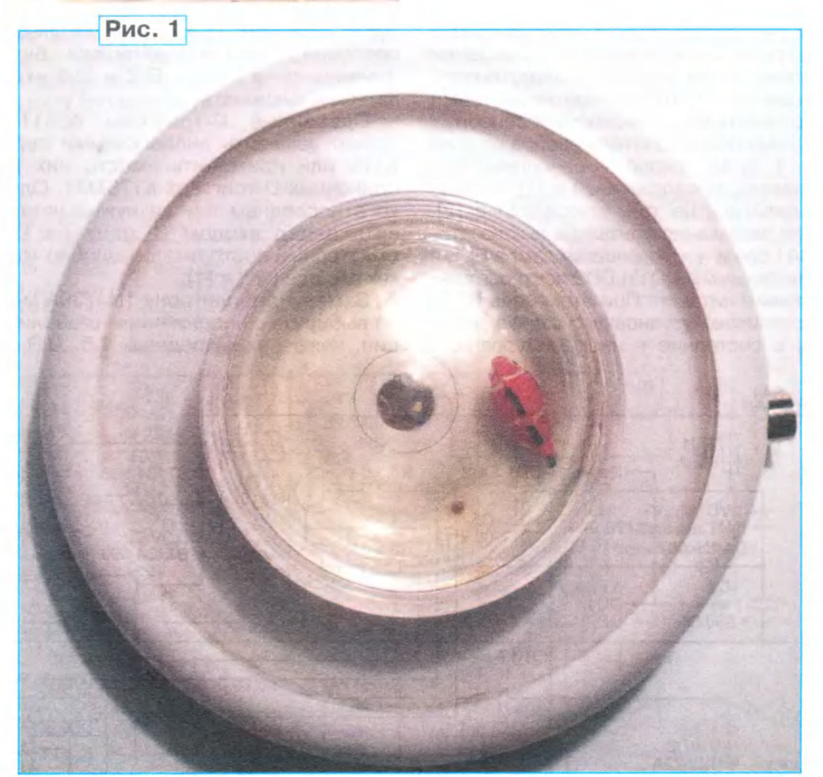


Рис. 1

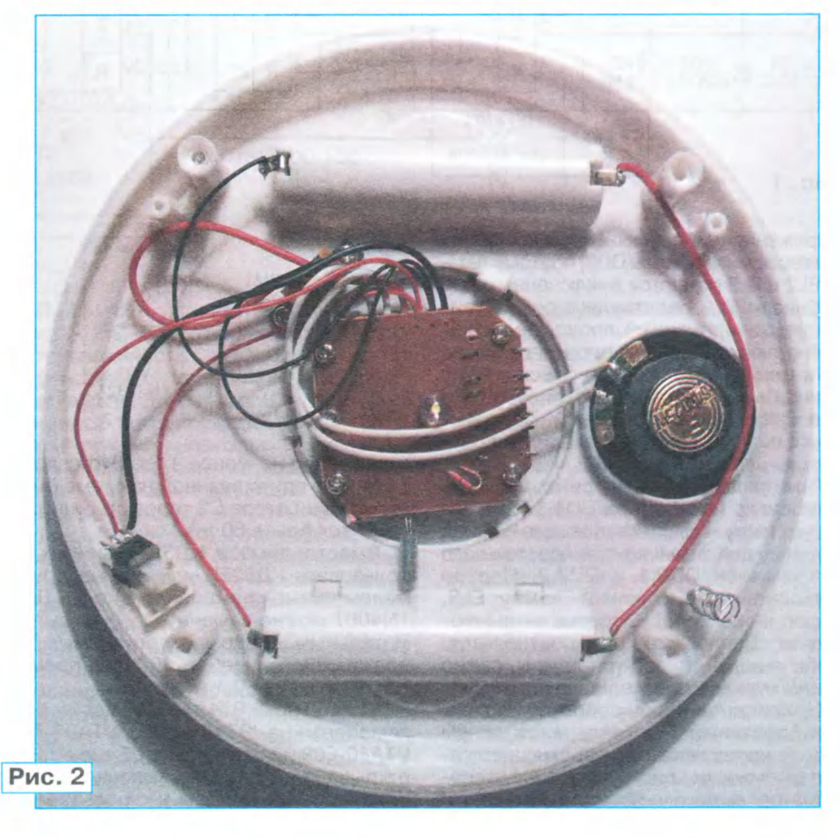


Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

равления часами, а также элементы (резисторы и конденсаторы) для поверхностного монтажа. С обратной стороны платы, видимой на рис. 2, установлены светодиод белого свечения EL и терморезистор RK1. Выключатель SA1 механически связан с центральной частью основания устройства, в котором установлена плата, и включает светодиод EL при повороте основания относительно корпуса. Кнопка SB1 служит для включения речевого оповещения о текущем времени и температуре и приводится в действие при нажатии на верхнюю прозрачную часть корпуса устройства.

Динамическая головка сопротивлением 64 Ом подключена к противофазным выходам контроллера часов-термометра для увеличения громкости звука. Ночник питается напряжением 3 В от батареи из двух гальванических элементов типоразмера AAA. Ток, потребляемый устройством в дежурном режиме, — 2 мкА, а в режиме воспроизведения звукового сигнала возрастает до 15 мА. Светодиод EL потребляет ток 5 мА.

Для работы часов-термометра в качестве дистанционного указателя температуры терморезистор потребовалось вынести за пределы корпуса, так как само устройство в процессе работы должно находиться в термостатированном шкафу совместно с приборами охранной сигнализации и дистанционного управления, а температуру требуется контролировать вне этого шкафа. Но подобраться к точкам пайки терморезистора RK оказалось не так просто, так как они расположены под жидкокристаллическим индикатором, подключённым к плате с помощью прокладки из токопроводящей резины. По личному опыту автора демонтаж и повторный монтаж такого индикатора зачастую приводит к выходу его из строя, поэтому было принято решение припаять отрезки провода МГТФ к выводам штатного терморезистора с обратной стороны платы, предварительно расколов корпус этого терморезистора с помощью пинцета. Далее к проводам МГТФ были припаяны жилы экранированного кабеля КММ 2×0,12 длиной 3 м, а экран кабеля соединён с минусовой линией питания платы. На другом конце кабеля смонтирован терморезистор сопротивлением 10 кОм в корпусе из нержавеющей стали (такие терморезисторы используют совместно с платами Arduino). ТКС штатного и нового терморезисторов — отрицательный.

После установки нового терморезистора показания устройства были проверены с помощью образцового термометра. При температуре человеческого тела (36,6 °С) часы-термометр показывали температуру 35 °С. Погрешность, конечно, значительная, но при использовании термометра для измерения температуры в помещении вполне допустимая.

В процессе экспериментов с термометром выяснилось, что показания температуры при её изменении остаются прежними и меняются только после нажатия на кнопку SB1. Дело в том, что контроллер часов-термометра опрашивает датчик температуры (терморезистор) не постоянно, а в начале каждого часа либо после нажатия на кнопку SB1, при этом нажатия на кнопки настройки часов не вызывают внеочередного

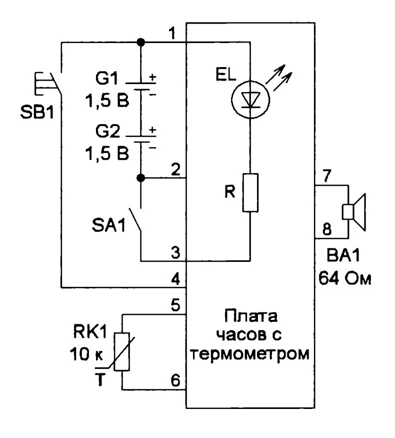


Рис. 3

опроса датчика. Таким образом, при изменении температуры воздуха в процессе нагрева или охлаждения нажатие на кнопку SB1 приведёт к тому, что устройство "проговорит" то значение температуры, которое было измерено на момент последнего опроса терморезистора, а истинное текущее значение температуры будет воспроизведено лишь после повторного нажатия на кнопку. Поэтому первое показание термометра после обращения к нему неинформативно, что является значительным недостатком часов-термометра.

Для устранения описанного выше недостатка и превращения часов-термометра в полноценный дистанционный термометр необходимо опрашивать датчик приблизительно один раз в минуту. Также необходимо "заставить" устройство подавать звуковой сигнал по команде от блока дистанционного управления [1], т. е. по сигналу низкого логического уровня на управляющем входе. Звуковой сигнал с устройства необходимо подать на внешнюю динамическую головку, установленную рядом с мобильным телефоном и одним из своих выводов соединённую с общим проводом сети 12 В, поэтому выход звукового сигнала часов-термометра нужно согласовать с имеющейся динамической головкой. Также на время воспроизведения звукового сигнала от часов-термометра необходимо отключать другие звуковые сигналы, подающиеся на эту динамическую головку.

Схема устройства, реализующего все приведённые выше требования, приведена на **рис. 4**. При подаче питающего напряжения транзистор VT1 открыт, а VT3 закрыт, поэтому в точке соединения катодов диодов VD5 и VD6 за счёт резистора R12 присутствует высокий логический уровень. Через резистор R11 начинает заряжаться конденсатор C6, и когда напряжение на нём (примерно через 30 с) достигнет порогового для транзистора VT5, последний откроется и соединит выход "Бл. сигн." с общим проводом, разрешая включение внешнего звукового излучателя, работающего на ту же динамическую головку, что и термометр.

При наличии питающего напряжения тактовый генератор на мигающем светодиоде HL1 начинает работу, генерируя импульсы частотой около 2 Гц, которые поступают на вход счётчика DD1.1, а после деления на 16 — на вход счётчика DD1.2. На выводе 13 этого счётчика приблизительно через каждые 70 с появляется высокий логический уровень, поэтому конденсатор C9 заряжается через резистор R13 и цепь VD11R14HL3, на аноде светодиода HL3 появляется импульс высокого логического уровня, запускающий воспроизведение звукового сигнала платой часов-термометра и, следовательно, цикл опроса терморезистора RK1. Таким образом, цикл автоматического опроса датчика температуры уменьшается с одного часа до 70 с, поэтому на момент обращения к термометру его информация будет соответствовать текущей температуре в помещении.

При соединении управляющего входа устройства с общим проводом закроется транзистор VT1, откроется транзистор VT3, поэтому на катодах диодов VD5 и VD6 появится низкий логический уровень и конденсатор C6 быстро разрядится через резистор R10 и диод VD6, что приведёт к закрыванию транзистора VT5 и блокировке внешнего звукового сигнализатора, подключённого к выходу "Бл. сигн.". Конденсатор C8 заряжается через диод VD5 и резистор R9, и когда напряжение на нём достигнет суммы напряжения стабилизации стабилитрона VD9 и напряжения открывания транзистора VT6, этот транзистор откроется и высокий уровень напряжения с его коллектора поступит на входы сброса счётчиков микросхемы DD1, устанавливая их в исходное состояние. Одновременно с этим напряжение с коллектора транзистора VT6 через светодиод HL2, выполняющий функцию стабилитрона, и цепь VD10R14 поступает на анод светодиода HL3, что вызывает включение воспроизведения звукового сигнала часов-термометра.

Сигнал звуковой частоты с одного из выходов платы часов через конденсатор C3 поступает на простейший УЗЧ, выполненный на транзисторах VT2 и VT4, а с коллектора транзистора VT4 через диод VD3 — на динамическую головку сопротивлением 50 Ом (на схеме не показана), включённую между выходом устройства и общим проводом. Диод VD3 развязывает выход "говорящего" термометра с выходом внешнего звукового сигнализатора, работающего на эту же динамическую головку. В том случае, если к динамической головке подключён только термометр, диод VD3 можно не устанавливать.

При исчезновении низкого логического уровня на входе управления транзистор VT1 откроется, а VT3 закроется, поэтому конденсатор C8 начнёт разряжаться через резистор R12, а конденсатор C6 — заряжаться через резистор R11. Номиналы этих резисторов, а также резисторов R9 и R10 подобраны

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

так, что при низком логическом уровне на управляющем входе конденсатор C6 разряжается раньше, чем заряжается конденсатор C8, а при высоком логическом уровне — наоборот, конденсатор C8 разрядится раньше, чем зарядится C6. Таким образом, внешний звуковой сигнализатор отключится раньше, чем появится звуковой сигнал часов-термометра, и включится после того, как к часам-термометру перестанут обращаться. При необходимости временные интервалы можно изменить путём подзуется для питания часов-термометра. Резистор R8 служит нагрузкой в цепи диодов VD4, VD7, так как часы-термометр в дежурном режиме потребляют очень малый ток, и без этого резистора питающее напряжение увеличивается почти до 4 В. Но при работе устройства источник питания 3,2 В постоянно нагружен током, текущим через светодиод EL, поэтому резистор R8 нужен, скорее всего, при налаживании, чем при нормальной работе устройства, и поэтому его можно удалить.

выполняет функцию стабилитрона, предотвращая зацикливание — постоянный перезапуск микросхемы часов-термометра с воспроизведением первой части (мелодии вступления) речевого сообщения, что может иметь место при плавном снижении напряжения на коллекторе транзистора VT6 в процессе разрядки конденсатора C8. Резистор R13 обеспечивает разрядку конденсатора C9 при появлении на выводе 13 счётчика DD1.2 низкого логического уровня.

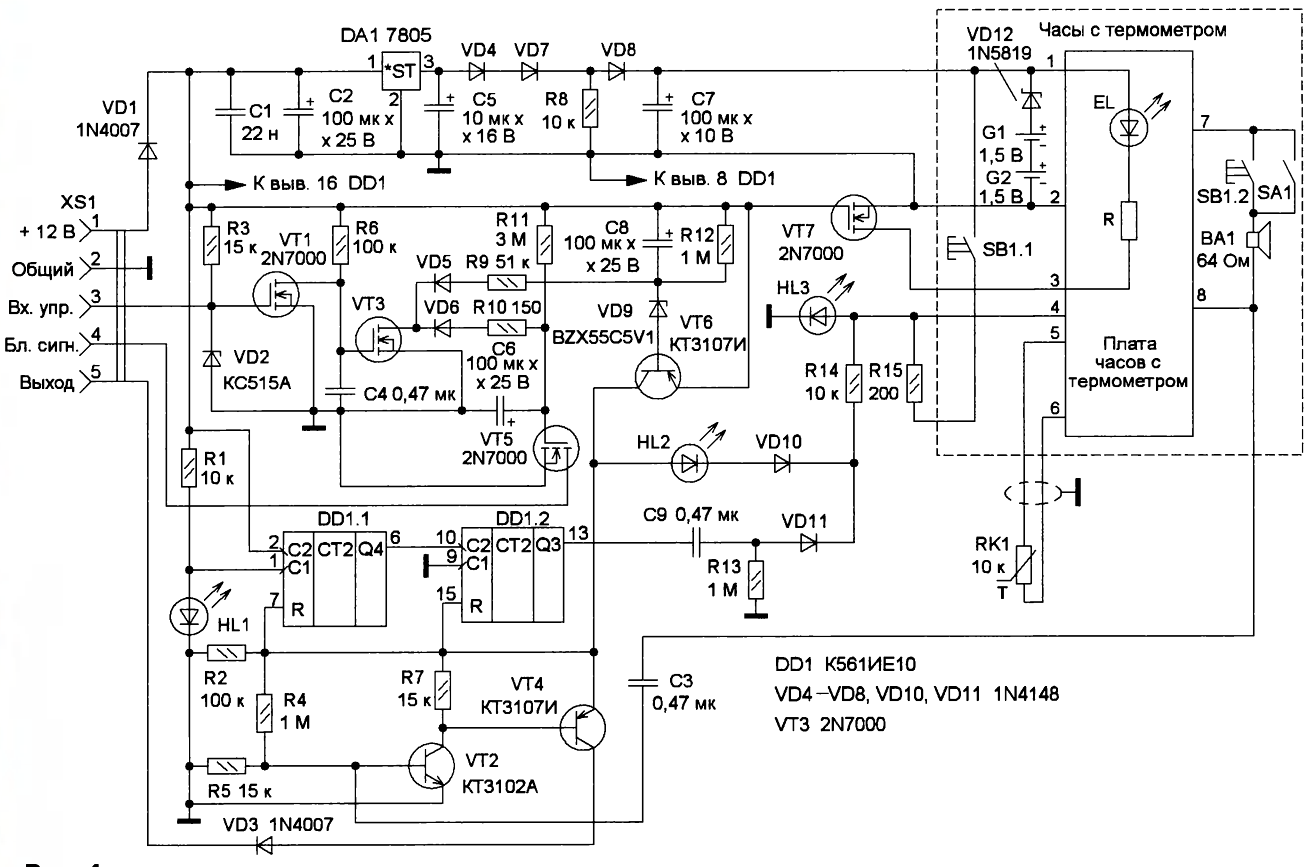


Рис. 4

борки сопротивления указанных выше резисторов, а также ёмкости конденсаторов C6 и C8, но в любом случае время разрядки конденсатора C8 через резистор R12 не следует выбирать меньше времени воспроизведения звукового сигнала часами-термометром.

Устройство управления питается постоянным напряжением 12 В (устройство работоспособно при напряжении питания от 8 до 15 В), поступающим через диод VD1, служащий для защиты от подачи питающего напряжения неправильной полярности. При наличии питающего напряжения открывается полевой транзистор VT7, в цепь стока которого включён светодиод EL, установленный на плате часов-термометра и сигнализирующий о наличии питающего напряжения. Микросхема DA1 понижает питающее напряжение до 5 В, которое с помощью диодов VD4, VD7, VD8 понижается до 3,2 В и исполь-

При отсутствии питающего напряжения 12 В часы-термометр работают от гальванических элементов G1 и G2, подключённых к цепи питания через развязывающий диод Шоттки VD12. Конденсатор C7 обеспечивает ход часов в течение нескольких минут при полном отсутствии питающего напряжения (в процессе разрядки этого конденсатора информация на ЖКИ часов пропадает, но их ход не нарушается). Конденсаторы C2 и C5 сглаживают пульсации питающего напряжения, конденсатор C1 — блокировочный в цепи питания микросхемы.

Цепь R14HL3 снижает напряжение, подаваемое на вход запуска речевого оповещения микросхемы часов-термометра, примерно до 2,8 В (прямое напряжение на светодиоде HL3 зелёного свечения), что предотвращает выход микросхемы из строя. Светодиод HL2, как указывалось ранее,

В исходную схему часов-термометра внесены некоторые изменения. Установлен диод VD12, о котором было сказано выше, штатный выключатель SA1 установлен в разрыв цепи динамической головки BA1, а кнопка SB1 заменена другой с двумя группами нормально разомкнутых контактов. Наличие выключателя в цепи динамической головки позволяет отключить её, когда устройство питается от сети 12 В, так как постоянное срабатывание звукового оповещения с интервалом в 70 с будет действовать раздражающе. Параллельно выключателю подключены контакты кнопки SB1.2, поэтому при нажатии на эту кнопку динамическая головка будет включена и можно прослушать речевое сообщение вне зависимости от положения контактов выключателя SA1 (кнопку при этом необходимо удерживать в течение всего времени звучания речевого сообщения).

Устройство управления часами-термометром выполняет все свои функции без транзисторов VT1 и VT3, т. е. при использовании в качестве управляющего входа катодов диодов VD5 и VD6. Но в этом случае входное сопротивление устройства получается высоким, и на его работу могут влиять токи утечки в цепи управляющего входа. Поэтому для повышения надёжности применены эти транзисторы, при этом входное сопротивление устройства определяется сопротивлением резистора R3. Стабилитрон VD2 защищает затвор полевого транзистора VT1 от пробоя, а конденсатор C4 обеспечивает дополнительную защиту от дребезга управляющего сигнала.

В устройстве можно использовать любые подходящие по габаритам резисторы, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, неполярные конденсаторы — серий К73, КМ или подобные. Для повышения стабильности временных интервалов конденсаторы C6 и C8 желательно применить танталовые. Полевые транзисторы 2N7000 можно заменить отечественными транзисторами КП505, биполярные транзисторы структуры n-p-n могут быть серий КТ3102, КТ315, структуры p-n-p — серий КТ3107, КТ361 с любыми буквенными индексами. Стабилитрон VD2 — маломощный на напряжение стабилизации 14...20 В, стабилитрон VD9 — на напряжение 5...8 В. Диоды можно применить практически любые маломощные выпрямительные или импульсные (диоды VD1 и VD3 должны быть рассчитаны на ток не менее 100 мА), диод VD12 — любой маломощный диод Шоттки. Интегральный стабилизатор 7805 можно заменить отечественным КР142ЕН5А или использовать стабилизатор с выходным напряжением 3,3 В (в этом случае диоды VD4, VD7 и резистор R8 следует удалить, а на место VD8 установить диод Шоттки). Микросхему К561ИЕ10 можно заменить импортной микросхемой, например MC14520. Мигающий светодиод HL1 — любой подходящий (автор использовал светодиод синего свечения), светодиоды HL2, HL3 — маломощные зелёного или жёлтого свечения с прямым напряжением не менее 2,5 В. Кнопка SB1 — с двумя группами нормально разомкнутых контактов.

Печатная плата для данного устройства автором не разрабатывалась, так как, во-первых, разместить все элементы устройства на единой печатной плате внутри малогабаритного корпуса часов-термометра довольно сложно, а во-вторых, схема устройства неоднократно дорабатывалась в процессе его изготовления. В авторском варианте элементы устройства сгруппированы по функциональному назначению и размещены на отрезках универсальных макетных плат, как показано на **рис. 5**. На этом фото над верхним отсеком для батареи — стабилизатор напряжения питания часов напряжением 3,3 В (микросхема DA1, диоды и оксидные конденсаторы, всё обмотано изоляционной лентой). Далее (по часовой стрелке) — кнопка SB1, узел управления (микросхема DD1, транзисторы VT5—VT7 и относящиеся к ним элементы), транзисторы VT1, VT3 (навесным монтажом между нижним батарейным отсеком и стойкой с отверстием), плата с элементами C9, R13—R15, VD10, VD11, HL2, HL3, плата УЗЧ на транзисторах VT2 и VT4. Все платы закреплены на днище корпуса часов-термометра через просверленные в нём отверстия с помощью рыболовной лески и дополнительно зафиксированы клеем "Момент". Чтобы не усложнять конструкцию, толкатель кнопки SB1 выведен в нижнюю часть корпуса.

XS1 — шестиконтактный разъём, используемый для подключения к компьютеру клавиатуры и мыши стандарта PS-2 (этот разъём удачно подошёл по габаритам). Вилка разъёма с соединительным кабелем — от удлинителя клавиатуры, так как в кабелях от клавиатуры и мыши имеются всего четыре провода, а для работы устройства необходимо пять проводов. Разъём закреплён в корпусе с помощью проволочного бандажа и клея "Момент". Таким же образом закреплён и кабель, идущий к терморезистору RK1. Резиновые опоры ЖКИ, расположенные под индикатором со стороны, противоположной его контактным площадкам, дополнительно приклеены к плате часов-термометра также с помощью клея "Момент". При этом следует обратить внимание на тот факт, что после нанесения клея часы могут перестать работать — сказывается снижение сопротивления между контактными площадками на плате. После высыхания клея работоспособность часов восстанавливается.

Налаживание собранного правильно и из исправных деталей устройства заключается в установке необходимой длительности задержки включения внешнего звукового сигнализатора путём подбора резистора R11 и конденсатора C6 и задержки отключения самого устройства (резистор R12 и конденсатор C8). Изменить частоту опроса датчика можно, подключив левый по схеме вывод конденсатора C9 к другому выходу счётчика DD1.2 (выводы 11, 12, 14) или изменив коэффициент деления счётчиков путём подключения входа (вывода 10) счётчика DD1.2 к другому выходу счётчика DD1.1 (выводы 3, 4, 5). При необходимости громкость и чёткость воспроизведения звукового сигнала можно установить подборкой сопротивления резистора R4. Работоспособность тактового генератора на мигающем светодиоде HL1 можно проверить, не ожидая появления высокого логического уровня на выводе 13 счётчика DD1.2, с помощью любого светодиода, катод которого подключают к общему проводу, а анод через резистор сопротивлением 5,1 кОм — к выводу 3 счётчика DD1.1. При нормальной работе тактового генератора дополнительный светодиод должен мигать с частотой, вдвое меньшей частоты вспышек светодиода HL1. Если тактовый генератор не работает,

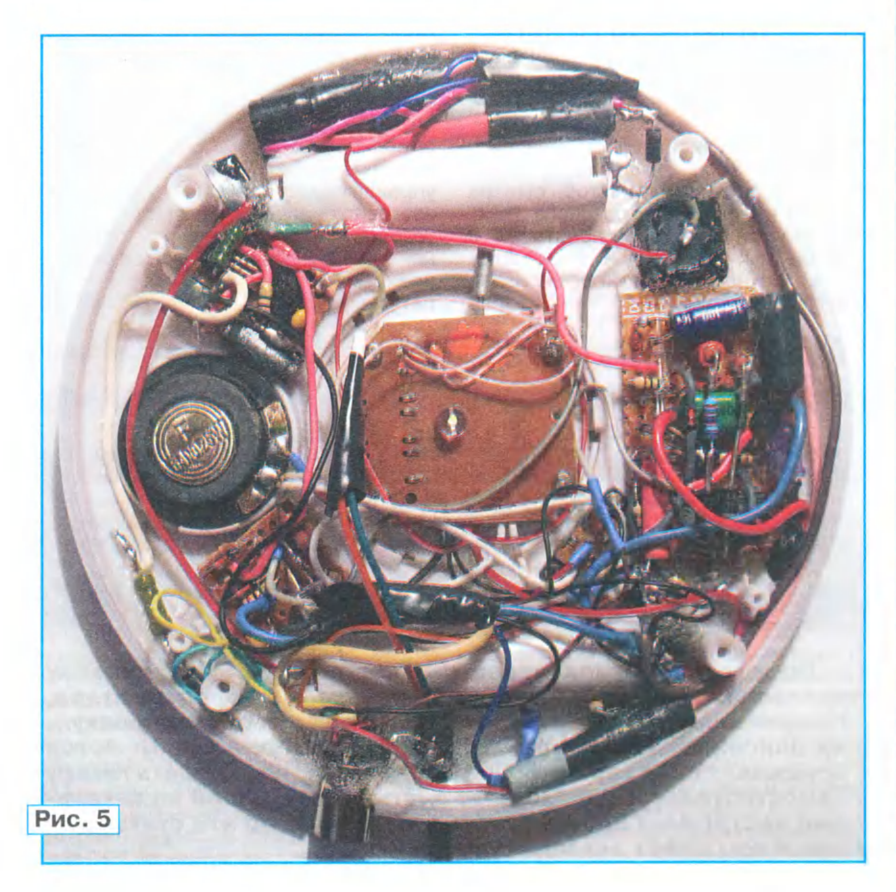


Рис. 5

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

параллельно светодиоду HL1 можно попробовать подключить резистор сопротивлением несколько килоом, а если тактовый генератор всё равно не запускается, надо применить другой мигающий светодиод.

Если совместно с "говорящим" термометром не предполагается использовать внешний звуковой сигнализатор, работающий с ним на общую динамическую головку, элементы VD6, R10, R11, VT5, C6 можно не устанавливать, а взамен диодов VD3 и VD5 установить перемычки. Динамическую головку можно включить непосредственно в цепь коллектора транзистора VT2, удалив резистор R7 и транзистор VT4. В любом случае сопротивление динамической головки должно быть не менее 50 Ом. В случае применения низкоомной головки последовательно с ней необходимо установить токоограничивающий резистор или включить головку через выходной трансформатор от транзисторного радиоприёмника прошлых лет выпуска. При необходимости получения большой громкости звукового сигнала на месте VT2 следует применить мощный составной транзистор (КТ827, КТ829, КТ972), включив динамическую головку в цепь его коллектора и подобрав сопротивление резисторов R4, R5.

Можно обойтись вообще без УЗЧ, вынеся штатную динамическую головку из корпуса часов-термометра поближе к микрофону сотового телефона. Но при всей своей простоте это решение имеет два очевидных недостатка. Во-первых, звуковой сигнал будет воспроизводиться каждый раз при опросе датчика температуры, что будет раздражать людей, которые находятся в одном помещении с устройством, а во-вторых, будет потеряна возможность работы часов-термометра как самостоятельного устройства, так как динамическая головка в них будет отсутствовать. Если смириться с первым недостатком или включать устройство только тогда, когда в помещении нет людей, то второй недостаток можно устранить, установив в корпусе часов-термометра разъём для головных телефонов, к которому с помощью соответствующего штекера будет подключаться внешняя динамическая головка. Когда штекер вынимают из гнезда, замкнувшиеся контакты этого разъёма подключат штатную динамическую головку, что позволит часам-термометру полноценно выполнять свои функции в автономном режиме.

"Говорящий" термометр можно использовать не только с устройством дистанционного управления [1], но и с любым мобильным телефоном, например, для дистанционного контроля температуры воздуха в теплице. К мобильному телефону при этом следует подключить штатную гарнитуру и включить функцию автоматического ответа на входящий вызов, или доработать телефон согласно методике, описанной в [3]. Но при этом может возникнуть проблема с получением управляющего сигнала для включения звукового оповещения, поэтому схему устройства лучше изменить, оставив в ней только элементы, отвечающие за периодический опрос датчика температуры. При этом отпадает необходимость в управляющем сигнале, а чтобы узнать температуру, необходимо позвонить на мобильный телефон и дождаться речевого сообщения при очередном опросе термометра (интервал между опросами при этом можно уменьшить).

Питать часы-термометр в этом случае удобно напряжением 5 В от ЗУ мобильного телефона, поэтому номиналы резисторов R1 и R14 следует уменьшить в два раза, а на месте микросхемы DA1 установить стабилизатор с выходным напряжением 3,3 В (удалив элементы VD4, VD7, R8) или подав напряжение 5 В непосредственно на анод диода VD4. Чтобы устройство не раздражало находящихся в помещении людей, каждую минуту проговаривая время и температуру, звуковой сигнал с выхода микросхемы часов-термометра через разделительный конденсатор ёмкостью 0,47 мкФ и резистор сопротивлением 10 кОм можно подать непосредственно на вывод микрофона сотового телефона, а динамическую головку часов-термометра отключить с помощью выключателя SA1 (при этом общие провода устройства и сотового телефона должны быть соединены между собой).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мельников А.** Устройство дистанционного управления с кодовым доступом. — Радио, 2019, № 7, с. 37—44.

2. **Вахреев И.** "Голосовой" S-метр. — Радио, 2000, № 3, с. 60, 61.

3. **Гарматюк С.** Радиомикрофон — из мобильного телефона. — Радио, 2015, № 2, с. 53, 54.

Электрогитара путешественника

А. НОСОВЕЦ, г. Новосибирск

Гитары этого типа известны под разными названиями: трэвэл-гитара, гитара путешественника, безголовая гитара, гитара-карабин, гитара-тренажёр, гитара в командировку... Их описания были опубликованы, например, в [1—3]. Автор описывает свой вариант. Прежде чем начинать делать гитару самостоятельно, необходимо знать, что хороший музыкальный инструмент проще купить в магазине, но эта статья для тех, в ком живёт дух исследователя.

При конструировании предлагаемой электрогитары я преследовал цель создать инструмент как можно меньших размеров и из доступных деталей. Полностью отказался от классической колковой системы, так как при случайном касании колков посторонними предметами настроенная гитара будет расстроена.

Основные технические характеристики

Размеры гитары:
Общая длина, мм 720
Длина корпуса, мм 368
Ширина корпуса, мм 200
Число струн 6
Число ладов 19
Толщина корпуса, мм 45
Масса, кг 1,7

Приведены окончательные размеры — те, что получились после сборки гитары. Конструкция гитары показана на **рис. 1**. На нём обозначены следующие детали: 1 — нижний порожек (бридж, подставка); 2 — корпус (дека); 3 — фальшпанель (пикгард) из синего оргстекла толщиной 4 мм; 4 — крепление грифа; 5 — маркер лада (метка, точка); 6 — порожек лада; 7 — гриф; 8 — верхний порожек; 9 — топлок; 10 — звукосниматель; 11 — гнездо подключения шнура; 12 — колковый механизм; 13 — крепление для ремня (пуговица, стреплок); 14 — нижняя крышка из синего оргстекла толщиной 4 мм; 15 — планка крепления грифа.

Форма деки гитары и идея колкового механизма позаимствованы на Интернет-форуме, посвящённом гитаре-карабину [4].

Для сборки гитары необходимо подготовить (но не окрашивать) отдельные узлы: деку, гриф, колковый механизм, топлок и бридж. Отдельными звеньями идут звукосниматель, передняя и задние накладки, гнездо для подключения к усилителю и стреплоки.

РАДИО № 12, 2019

Дека — это корпус гитары. Она изготовлена из высококачественной сухой прессованной берёзовой фанеры толщиной 10 мм. По приведённым на рис. 1 эскизам из неё выпилены лобзиком три заготовки. Они склеены клеем "Момент Столяр SUPER PVA D3", стянуты струбцинами или саморезами, после чего уложены под пресс и просушены в таком состоянии не менее двух суток, но лучше неделю. Края деки предварительно обработаны напильником и наждачной бумагой.

Гриф взят от гитары-донора, что и определило длину мензуры. В моём случае — 606 мм. При окончательной настройке и исследовании расстояний между ладами собранной гитары длины струн оказались те, что указаны в технических характеристиках. У грифа отпиливают голову и пятку.

Колковый механизм собран на основании из стальной пластины, изображённой на **рис. 2**. Здесь обозначены: 1 — винт под шестигранник М5/М3×20; 2 — основание; 3 — скоба стальная; 4 — струна.

Роль колков выполняют конструкции из винтов 1 и скобы 3, вырезан-

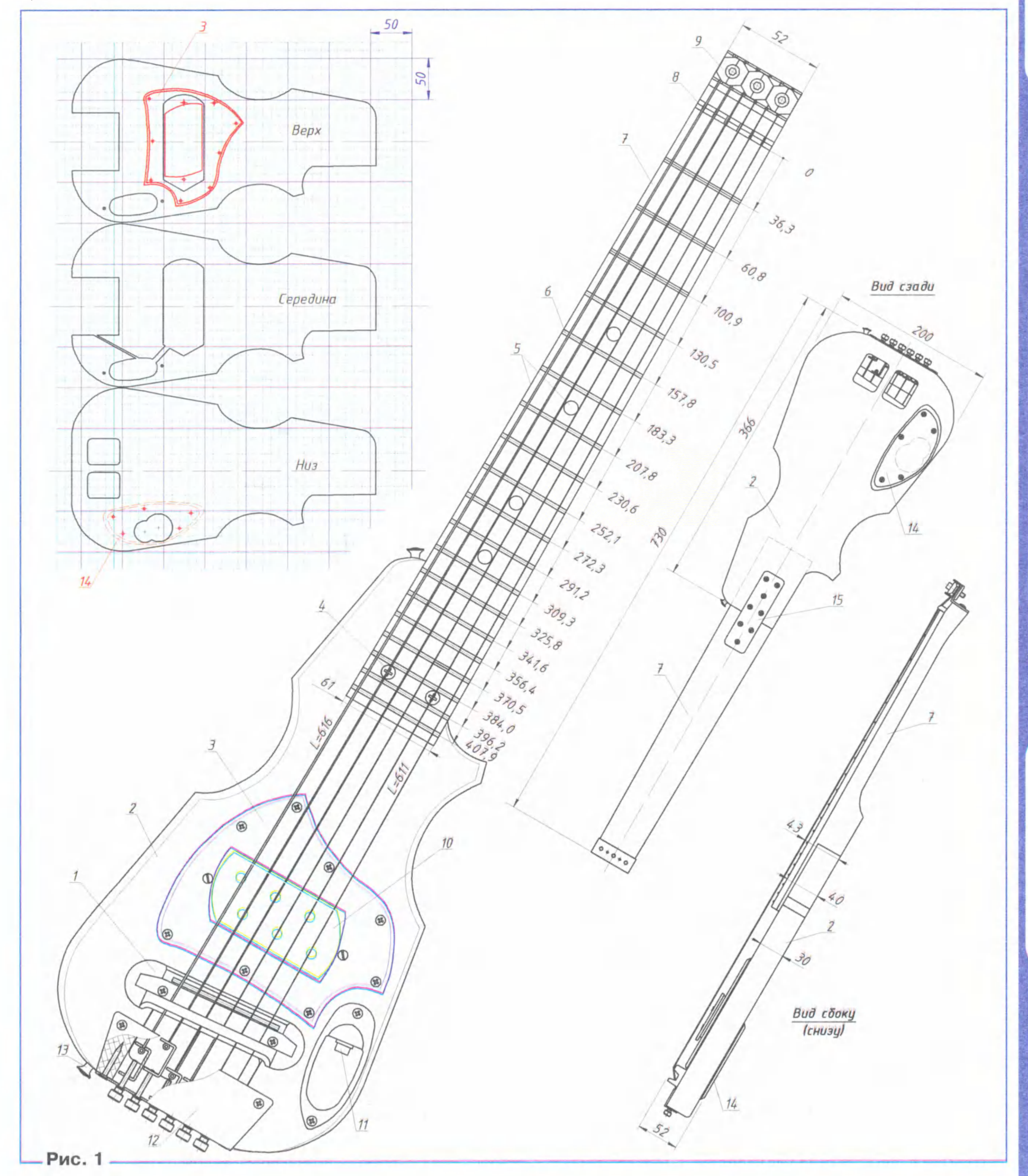


Рис. 1

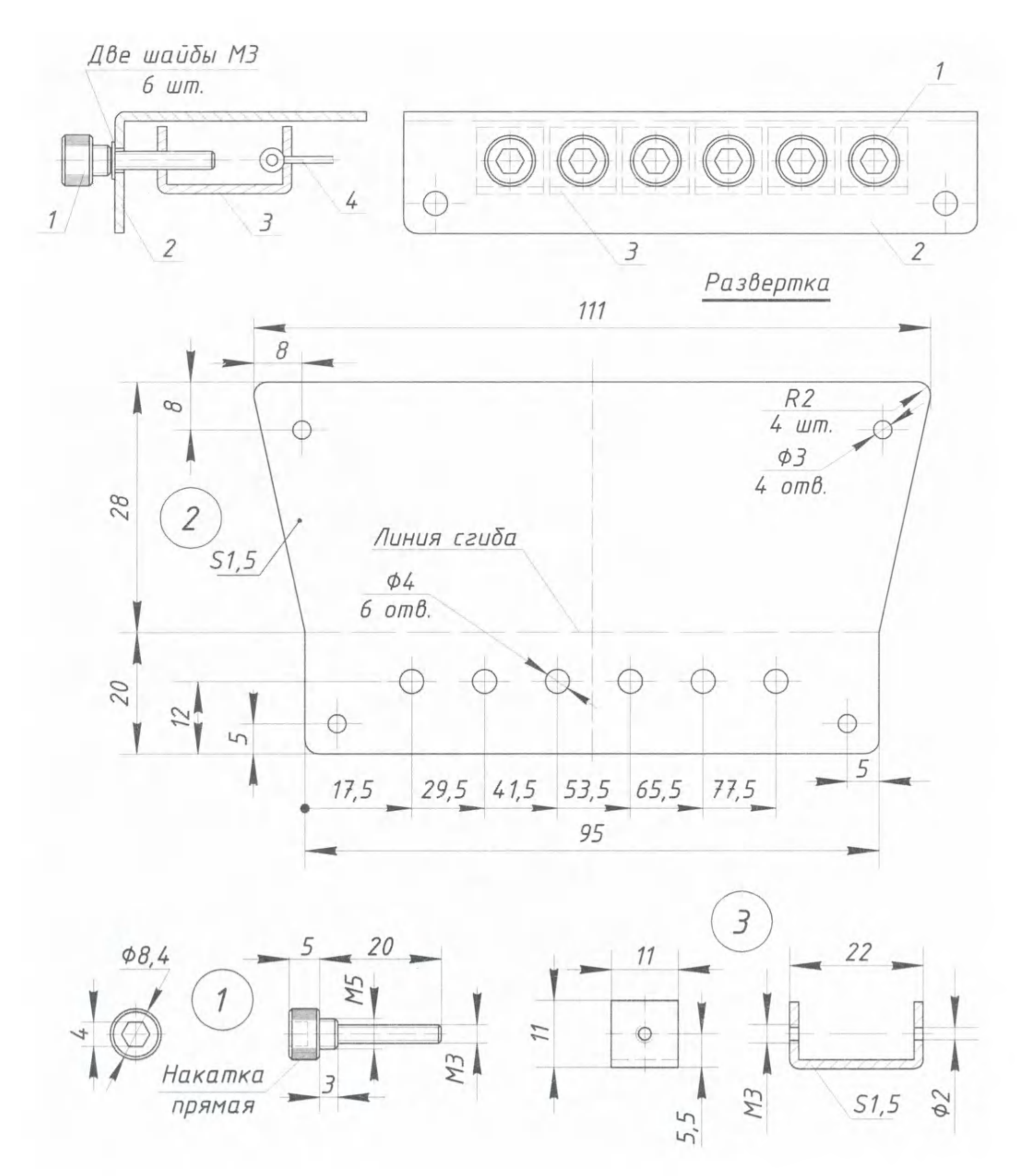


Рис. 2

ной из квадратной стальной трубы 22×22 мм с толщиной стенки 1,5 мм. На большей части длины винта диаметр его резьбы уменьшен до М3. В скобе с одной стороны сделано отверстие с резьбой М3, с другой — отверстие диаметром 2 мм для прохода струны. Настройку гитары выполняют вращением винтов.

Нужно отметить, что в качестве органов настройки были испытаны и винты с резьбой М4×0,7. Результат был положительным, гитара настраивалась. Но решено было остановиться на винтах с резьбой М3×0,5, изготовленных на токарном станке из винтов М5×0,8 с головками под шестигранник. Подойдут и винты под плоскую отвёртку. Они позволят настраивать гитару любым плоским предметом, например монетой. Винты перед установкой необходимо смазать "Литолом-24" или другой подобной смазкой.

В месте крепления струн в корпусе гитары вырезаны два окна для удобства крепления струн в скобах колкового механизма. Если пальцами устанавливать струны неудобно, можно воспользоваться пинцетом.

Топлок предназначен для жёсткой фиксации струн и выполнен по чертежам **рис. 3**, на которых обозначены: 1 — призма; 2 — винт М3×5; 3 — саморез 4×30; 4 — винт под шестигранник М5×20; 5 — гребёнка стальная; 6 — пластина стальная; 7 — основание, уголок Д16Т.

Прежде всего, выпилите из алюминиевого уголка основание 7 топлока. Прикрепите его к торцу грифа двумя саморезами 3. Для них в грифе необходимо просверлить отверстия диаметром немного меньше, чем их резьба, чтобы не расколоть гриф при завинчивании саморезов.

Сверху основания топлока установите гребёнку 5 из стальной трубы квадратного сечения 20×20 мм с толщиной стенки 1,5 мм. Снизу — стальная пластина 6 с отверстиями с резьбой М5. Всё это стягивают двумя винтами М3.

Призмы-пружины выполнены из головок болтов М12 (под ключ на 17 мм) с высотой головки 7,3 мм. Последовательность их изготовления также показана на рис. 3. Прежде всего, в середине головки болта просверлите отверстие диаметром 5 мм под винт, а затем, зажав болт за резьбовую часть в тиски, придайте его головке форму призмы напильником или угловой шлифовальной машиной ("болгаркой"). Грани призмы отполируйте. Резьбовую часть болта отпилите. Основание призмы тоже отполируйте.

Изготовленные призмы 1 прикрепите к топлоку винтами М5 с головками под внутренний шестигранный ключ. Сточенные грани верхушек призм очень важны. "Играя" под головками винтов М5, они дают наиболее надёжное крепление двух струн разной толщины. После окончательной настройки гитары оставшиеся концы струн здесь жела-

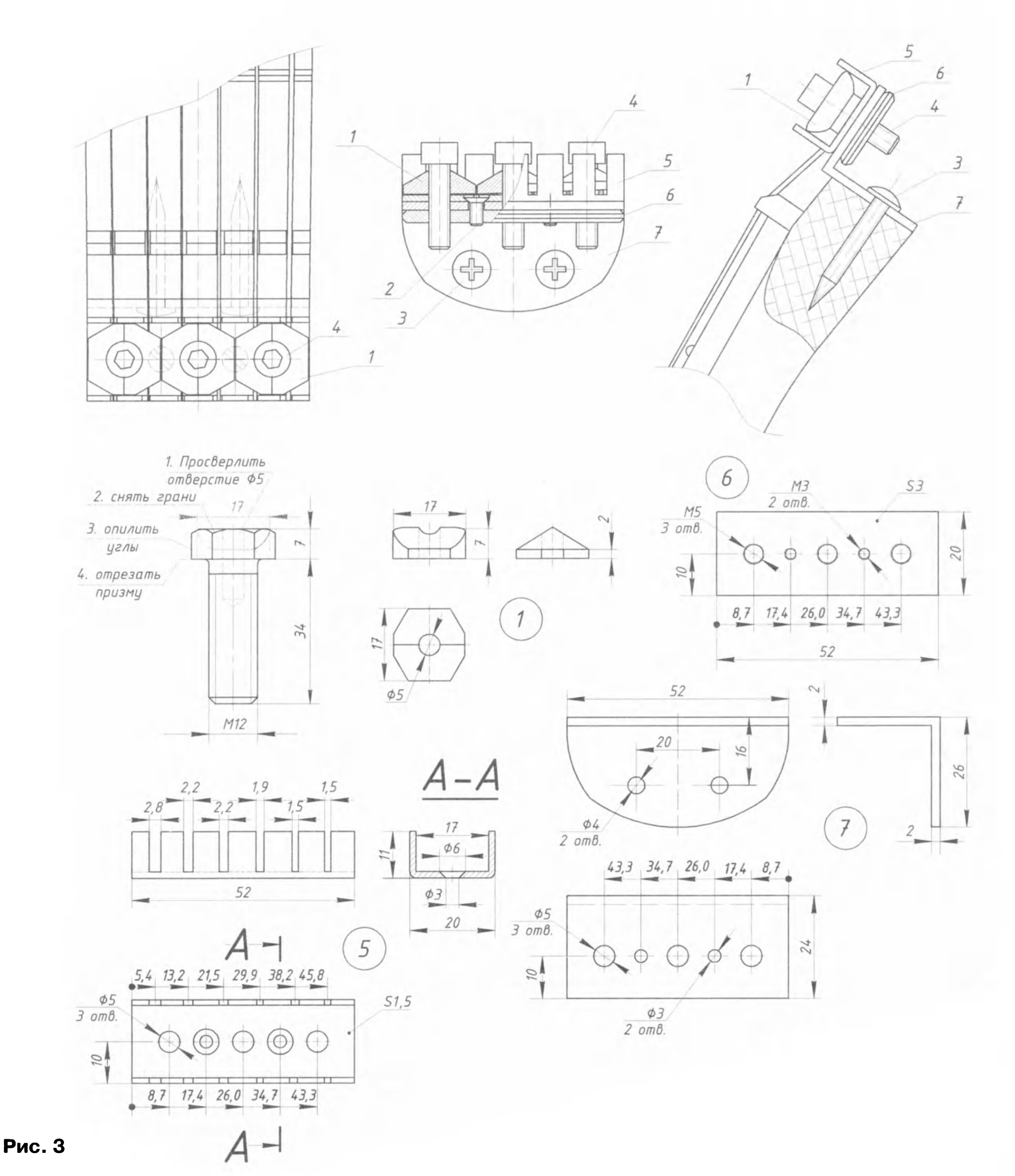


Рис. 3

тельно откусить кусачками по самую гребёнку, чтобы их концы не болтались и не кололись.

Перед установкой призм их стоит промаркировать с помощью чёрного маркера, потому что при домашнем изготовлении соблюсти идеальную точность их разметки и сверления почти невозможно. Детали получаются не одинаковыми и не взаимозаменяемыми. Впоследствии они могут не подойти для установки на другое место.

Бридж (нижний порожек) я взял, как и гриф, от гитары-донора. Возможно, его придётся уменьшить — спилить лишнее лобзиком и обработать место распила напильником. При установке бриджа на гитару необходимо его слегка развернуть, чтобы обеспечить длины струн, которые указаны на рис. 1. Бридж закреплён на деке гитары саморезами.

Звукосниматель изготовлен с использованием постоянных магнитов от неисправных компьютерных приводов жёстких дисков типоразмера 3,5". Каркасы для катушек L1—L6 сделаны из пластмассовых шпулек для швейных машин и стеклотекстолита от бракованных печатных плат с зелёной маской.

Магнитную систему звукоснимателя с несколькими катушками располагают под колеблющимися струнами. В результате колебаний струн в магнитном поле в обмотках катушек наводится переменная ЭДС, основная частота которой совпадает с частотой колебания струны.

Расположение звукоснимателя на деке, его конструкция и детали показаны на **рис. 4**, где 1 — основание под магниты, стеклотекстолит; 2 — основание для катушек, стеклотекстолит; 3 — крышка, стеклотекстолит; 4 — магнит; 5 — катушка; 6 — винт М3×20; 7 — втулка, пористая резина; 8 — обмотка; 9 — магнитопровод, шпилька стальная М6; 10 — выводы катушек; 11 — саморез; 12 — гайка М3.

Магниты 4 закреплены на основании 1 двухсторонней липкой лентой. При установке магнитов необходимо соблюдать порядок чередования их полюсов,

Рис. 4

которые можно определить с помощью компаса. Обратите внимание, что на левой и правой сторонах поверхности магнитов от приводов жёстких дисков расположены разные магнитные полюса, что влияет на порядок соединения выводов обмоток.

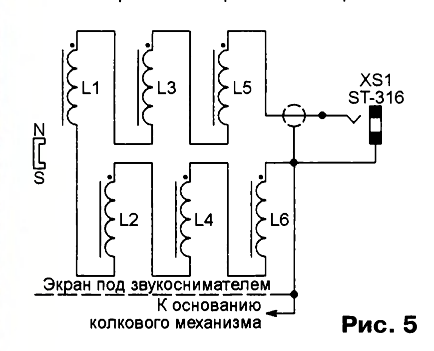


Рис. 5

Катушки 5 звукоснимателя наматывают внавал до заполнения каркаса проводом ПЭВ-1 диаметром 0,06 мм. Перед намоткой к началу обмоточного провода припаивают отрезок провода МГТФ, который пропускают в отверстие, просверленное в каркасе катушки. Это будет вывод начала обмотки.

Мне удалось намотать на шпульку 3250 витков. Сопротивление обмотки получилось около 430 Ом. Общее сопротивление шести катушек — 2500...3000 Ом. К концу обмотки тоже припаяйте провод МГТФ. Все катушки наматывайте в одну сторону и, желательно, с одинаковым числом витков. Каждую обмотку защитите сверху пластиковой изоляционной лентой.

Готовые катушки 5 приклейте клеем "Супер-момент" к плате-основанию 2. Одновременно с приклеиванием в катушки вставляют магнитопроводы 9 — отрезки стальной шпильки М6, торцы которых отшлифованы. Одним торцом они касаются магнита, а другим направлены к струнам. Фиксируются магнитопроводы в катушках каплями клея, нанесёнными на их резьбу.

Когда клей высохнет, соедините катушки согласно схеме, изображённой на **рис. 5**. Их начала обозначены на ней точками.

Сверху звукосниматель закройте крышкой 3, которая приклеена к щёчкам каркасов катушек 5. Когда клей высохнет, дополнительно защитите обмотки всех катушек изоляционной лентой, чтобы закрепить и спрятать провода, которыми соединены их обмотки.

Между платами 1 и 2 вставьте и приклейте суперклеем гайки М3, в них будут завинчены винты 6, с помощью которых звукосниматель крепится к накладной декоративной панели через втулки 7 и регулируется по высоте.

Звукосниматель 10 (см. рис. 1), установленный на лицевой стороне деки, соединён экранированным проводом с гнездом XS1 (11 на рис. 1) под штекер диаметром 6,3 мм. Общий провод звукоснимателя должен быть соединён с экраном под звукоснимателем и с металлическим основанием колкового механизма 12 (см. рис. 1).

Электрогитару подключают к УМЗЧ экранированным кабелем с двумя аудиоштекерами диаметром 6,3 мм.

Фальшпанель и задняя крышка. Сверху на деку устанавливают декоративную фальшпанель 3 (см. рис. 1). На ней закреплён звукосниматель 10. Нижняя часть деки закрыта крышкой 14 (см. рис. 1). На накладки 3 и 14 с внутренней стороны наклеена алюминиевая липкая лента, служащая электрическим экраном и выполняющая также декоративную функцию, отражая свет сквозь стекло. Эти детали прикреплены к деке гитары саморезами.

Стреплок — крепление-клипса для ремня. Он выполнен из потайной головки относительно большого дюбель-гвоздя диаметром 10 мм и длиной 100 мм, как показано на **рис. 6**. Предварительно в его головке 2 вдоль по оси гвоздя просверлено отверстие диаметром 4,3 мм, затем она отпилена с небольшой шейкой и приклеена к стальной шайбе 1 суперклеем. Далее стре-

плок прикреплён саморезом к гитаре через фетровую шайбу. Для этого в корпусе гитары предварительно просверлено отверстие диаметром, немного меньшим наружного диаметра резьбы самореза.

Я использую ремень длиной 115...120 см от фотоаппарата. Один конец крепится с торцевой части гитары на стреплок, а с другой — за окончание грифа под струнами между топлоком и верхним порожком. Крепление ремня за клипсу, расположенную возле соединения грифа и деки гитары, оказалось неудобным.

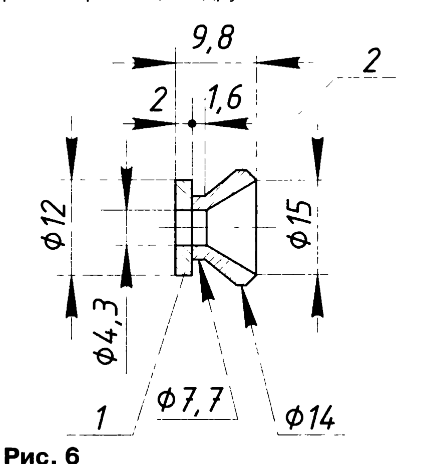


Рис. 6

Предварительная сборка. К ней можно приступать, когда все детали готовы. Колковый механизм установите на деку гитары. Топлок прикрепите к грифу. Гриф с помощью планки (**рис. 7**) временно закрепите на деке.

Натяните две крайние струны — первую и шестую. Это делают с установленным бриджем, который прижимают к деке слегка натянутые струны.

Далее нужно выполнить совместную с нижним порожком регулировку высоты струн над ладом 12 и звукоснимателем. Это делают с помощью подкладок под гриф или под порожек. Возможно, потребуется стачивание лишнего материала, а также небольшое перемещение грифа.

Крепление грифа к деке стальной пластиной не обеспечило должную жёсткость всей конструкции. Поэтому пришлось дополнительно закрепить гриф клеем ПВА и завинтить два длинных самореза 4 (см. рис. 1) сквозь гриф в деку гитары. Регулировать высоту струн посредством грифа не пришлось, всё получилось удачно — над ладом стандартные 3 мм.

После всех регулировок гриф жёстко привинтите к деке гитары, места сопряжения и примыкания промажьте клеем ПВА.

Покраску гитары производите на самом последнем этапе после всех сборок, подгонок и опробования всех узлов гитары. Цвет деки я выбрал классическим — чёрным. Перед покраской полностью разберите гитару, снимите топлок и колковый механизм. Зачистите всю поверхность гитары мелкозернистой наждачной бумагой. Затем прошпаклюйте деку и примыкание грифа акриловой шпаклёвкой несколько раз. Места, которые не подлежат окрашиванию (гриф со стороны ладов, верхний порожек, края накладки на гриф), закройте малярным скотчем. В место крепления топлока завинтите саморез, подвесьте за него гитару и приступайте к её покраске.

Красят гитару чёрной нитрокраской из баллончика три раза. В тот же цвет окрасьте топлок. После покраски резьбу в нём необходимо пройти метчиками, чтобы удалить краску из витков резьбы. Основание колкового механизма и нижний порожек я окрасил в серебристый цвет.

Окончательную сборку гитары следует производить не раньше, чем через две недели после покраски. При высыхании краска вначале покрывается плёнкой, а под ней она долго сохнет. Если не выждать положенное время, то декоративные панели прилипнут к гитаре и впоследствии их можно будет только оторвать от деки вместе с краской. Сборку гитары ведите в таком порядке: снимите малярный скотч, а затем экранируйте место под звукоснимателем алюминиевой липкой лентой. Сначала нанесите его первый слой. Затем положите на этот слой медную оплётку, снятую с экранированного провода или коаксиального кабеля, которая впоследствии будет припаяна к общему проводу звукоснимателя. И снова уложите слой алюминиевой липкой ленты уже поверх оплётки. Внешнюю поверхность алюминиевой ленты защитите от электрического контакта с другими проводниками обыкновенной липкой лентой. Излишки ленты обрежьте острым ножом. Далее:

— закрепите на грифе собранный топлок;

— установите на деку гитары собранный колковый механизм;

— установите нижний порожек на заранее размеченное место. Там после покраски должны остаться отверстия от саморезов;

— установите разъём XS1;

— нижнюю сторону накладки 3 (см. рис. 1) обклейте алюминиевой липкой лентой. Укрепите на ней звукосниматель с помощью винтов М3, в качестве пружин установите вкладыши 7 (см. рис. 4) из пористой резины. Винтами будет регулироваться высота звукоснимателя;

— установите накладку со звукоснимателем на деку;

— соедините звукосниматель (при необходимости удлинив идущие от него провода) с алюминиевой липкой лентой-экраном и основанием колкового механизма, а с гнездом 11 (см. рис. 1), установленным на деке, — экранированным проводом;

— закройте нижнюю крышку.

Для визуального контроля при игре на гитаре необходимо продублировать метки 5 (см. рис. 1) на обращённой к исполнителю боковой поверхности грифа. Высверленные там углубления залейте белой краской.

Налаживание инструмента начните с установки струн. Для этого вставьте их в отверстия скоб колкового механизма. Затем пропустите через отверстия нижнего порожка и закрепите в топлоке, установленном в основании грифа.

Настраивают электрогитару так же, как и обычную. После настройки проверьте зазор между рабочей поверхностью грифа и струнами. На ладу 12 он должен быть не более 3...4 мм. При необходимости этот зазор можно отрегулировать, изменяя высоту нижнего порожка.

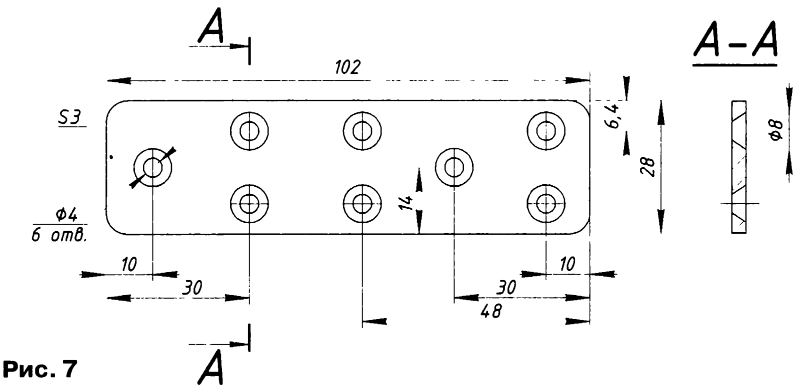


Рис. 7

В целом жёсткость гитары получилась нормальной, строй она держит весьма долго. Также отмечено продолжительное звучание струны после щипка (сустейн).

В дальнейшем гитару можно модифицировать. Например, добавить в неё УМЗЧ, питающийся от литиевой батареи, и динамическую головку, а также выход на головные телефоны с отключением этой головки. В магнитопроводах звукоснимателя можно нарезать внутреннюю резьбу М4, ввинтить в них подходящие винты и регулировать ими зазор до струн. Можно добавить к электромагнитному звукоснимателю пьезодатчик и смешать их сигналы.

С постройкой этой маленькой гитары можно шагнуть в большой мир гитаростроения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гарифьянов И.** Гитара тренажёр. — Моделист-конструктор, 1994, № 3, с. 24, 25.

2. **Янцев В.** Электрогитара из обычной. — Моделист-конструктор, 1992, № 9, с. 39, 40.

3. **Куликов А.** Походная электрогитара. — Радио, 2012, № 8, с. 46.

4. GuitarPlayer.Ru — форумы для гитаристов. — URL: **https://forum.guitarplayer.ru/index.php?topic=96520.0;all** (29.10.2019).

Сигнализатор экстренного торможения

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Оснащение автомобилей современными электронными средствами сегодня стремительно развивается. Значительная часть разработок в этой области направлена на повышение безопасности пользования автомобилем. К ним относится и система сигнализации об экстренном торможении ESS (Emergency Stop Signalling), давно получившая распространение и даже ставшая фактическим стандартом для автомобилей известных производителей.

Система ESS отвечает за подачу специальных световых сигналов при выполнении экстренного торможения. Это снижает риск столкновения с движущимся сзади автомобилем. Согласно тестам, проведённым компанией Mercedes-Benz, мигающие стоп-сигналы привлекают внимание водителя на 0,2 с раньше, чем непрерывные. На скорости 80 км/ч это даёт выигрыш в длине тормозного пути на 4,4 м, а на скорости 100 км/ч — 5,5 м [1].

Производители автоэлектроники решают вопросы ESS по-разному. Это могут быть мигающие стоп-сигналы, как у Volkswagen и Volvo, или все указатели поворота (аналогично аварийной сигнализации, но с повышенной частотой), как у BMW, Ford, Mitsubishi, Opel. Оптимальной частотой мигания сигналов экстренного торможения считается 6 Гц.

Отличие ESS от распространённого сравнительно дешёвого стробоскопического стоп-сигнала заключается в том, что последний просто дублирует основные стоп-сигналы и мигает независимо от того, экстренное торможение или нет. Система ESS обязательно содержит блок анализа сигналов ряда датчиков. Это могут быть датчики состояния педалей тормоза и акселератора, датчик скорости движения (спидометр или система GPS), датчик ускорения, антиблокировочная система, блоки управления двигателем и автоматической коробкой перемены передач [2].

Для правильной реализации системы ESS нужно правильно определить понятие экстренного торможения. Наиболее полно теория безопасности движения автотранспортных средств изложена в практикуме [3]. Его части 3 и 4 посвящены определению эффективности торможения и расчёту возможности движения с заданной скоростью. Очевидно, что понятие экстренного торможения напрямую связано со скоростью замедления движения автомобиля (его отрицательным ускорением). При всех нагрузках и для всех категорий транспортных средств замедление j, соответствующее экстренному торможению, определяют по формуле

$$j = g \cdot \left(\frac{\phi \cdot \cos\alpha}{K_э} \pm \sin\alpha\right),$$

где ϕ — коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием; g=9,8 м/с^2 — ускорение свободного падения; $K_э$ — коэффициент эффективности торможения транспортного средства, который принимают равным 1...1,3; α — угол уклона дороги на участке торможения. Знак минус в формуле принимают при движении транспортного средства на спуск, а знак плюс — на подъём.

Коэффициент ϕ изменяется в довольно широких пределах [4]. Однако наиболее сильно он зависит от типа и состояния дорожного покрытия: асфальт или бетон сухой — ϕ=0,7...0,8; асфальт или бетон мокрый — ϕ=0,5...0,6. Выберем ϕ=0,6, что достаточно для мокрого покрытия и даёт некоторый запас для сухого, и средний $K_э$=1,15. Тогда признаком экстренного торможения можно считать замедление более 5,1 м/с^2.

В предлагаемой статье описана реализация системы ESS, пригодной для установки на автомобили любых марок, не оснащённых такой системой. При торможении она измеряет замедление и, если оно превысит допустимое значение, формирует специальную комбинацию световых сигналов. В системе реализован ряд дополнительных функций:

1. Предупредительная местная световая сигнализация превышения заданных предельных значений углов крена и тангажа (±12°), что актуально для карбюраторных двигателей.
2. Возможность выбора способа световой сигнализации.
3. Использование сигнала детектора ускорения и поворота по осям в системе противоугонной сигнализации.

Реализация этих функций, за исключением первой, ввиду особенностей используемой аппаратной платформы не требует каких-либо дополнительных затрат. Для измерения ускорения и положения автомобиля в пространстве использован модуль электронного гироскопа-акселерометра GY-521 на основе микросхемы MPU-6050 [5, 6].

Теоретические основы построения микроэлектромеханических систем для измерений пространственного положения тел хорошо изложены в [7]. Там же приведены данные первичных измерений ускорений и углов с помощью MPU-6050 и результаты экспериментов по статическим измерениям сил.

Для работы микросхемы гироскопа-акселерометра MPU-6050 с модулем Arduino Nano можно использовать прямые обращения к её регистрам [7, 8] или готовые библиотеки функций. Оптимальное с точки зрения удобства программирования, широты доступа к функциям и требуемого объёма памяти решение — библиотека MPU6050.h и её расширение MPU6050_6Axis_MotionApps20.h, содержащее ряд готовых решений математических задач, связанных с пространственными вычислениями [9]. Для работы по шине I^{2}C, по которой модуль GY-521 связан с микроконтроллерным модулем Arduino Nano, используется распространённая библиотека I2Cdev [10, 11], служащая оболочкой стандартной библиотеки Wire, входящей в пакет Arduino IDE.

Все используемые библиотеки должны быть установлены из репозитариев либо их файлы *.cpp и *.h помещены в папку библиотек Arduino. Для операционной системы ОС Windows 7 по умолчанию это папка C:\Program Files (x86)\Arduino\libraries.

Обратимся к имеющемуся в приложении к статье скетчу программы ESS3.ino для микроконтроллера модуля Arduino Nano. За её основу взят библиотечный пример MPU6050_DMP6. В нём продемонстрированы принципы работы DMP (Digital Motion Processor), с использованием которого связаны наиболее интересные функции MPU-6050.

DMP — это встроенный в микросхему MPU-6050 цифровой детектор движения [6]. Он является частью и предназначен для распознавания различных типов движения на основе алгоритмов обработки данных о пространственном положении. Прерывание от DMP может быть запрограммировано на распознавание типа движения, в том числе наклона, удара, встряхивания, прикосновения, что актуально для охранных систем автомобиля.

Для настройки датчика предусмотрен ряд функций: **setDHPFMode()** — установка частоты среза ФВЧ, **setMotionDetectionThreshold()** — установка порога срабатывания, **setMotion DetectionDuration()** — установка минимальной длительности воздействия.

Пример снабжён подробными комментариями, здесь рассмотрим наиболее важные моменты и имеющиеся отличия. Полное описание всех функций и параметров, естественно, находится в исходном файле MPU-6050.cpp.

После подключения библиотек I2Cdev, Wire, MPU6050_6Axis_Motion Apps20.h и назначения ряда констант, определяющих основной режим работы, происходит инициализация экземпляра класса MPU6050, определение необходимых для работы переменных и функции обработки прерывания.

С помощью констант задают следующие параметры:

a_GAIN — пороговое значение замедления, м/с^2. Тип этой константы может быть int (целое число) или float (число с плавающей запятой). Остальные перечисленные ниже константы должны быть типа int;

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ang_MAX — пороговое значение угла тангажа или крена в градусах. По умолчанию — 12 градусов;

T_LED — период включения стоп-сигналов в режиме экстренного торможения, мс. По умолчанию — 150 мс;

T_ESS — общая продолжительность подачи сигнала экстренного торможения, мс. По умолчанию — 2000 мс. Если торможение длится меньше, поданный сигнал не прекращается до заданной этой константой продолжительности. Если оно длится дольше, отсчёт продолжительности сигнала начинается заново;

T_MOT — длительность сигнала на выходе детектора движения, мс. Работает аналогично T_ESS. По умолчанию — 1000 мс;

INT_PIN — номер вывода входа запросов прерывания, используемого для приёма сигналов с выхода INT MPU-6050. Может принимать значения 2 или 3. По умолчанию — 2;

ESS_PIN и ESS2_PIN — номера выводов основного и дополнительного выходов сигнала экстренного торможения. По умолчанию — соответственно 13 и 12. В модуле Arduino Nano имеется светодиод, подключённый к выводу 13, что облегчает отладку программы;

MOT_PIN — номер вывода, на который выведен сигнал детектора движения. По умолчанию — 10;

IND_PIN — номер вывода, к которому подключён светодиод на плате устройства. По умолчанию — 11.

Константы ESS_ACT_OUT, ESS2_ACT_OUT, MOT_ACT_OUT задают активные уровни — низкий (LOW) или высокий (HIGH) соответствующих сигналов. Это даёт возможность при необходимости использовать любые схемы коммутации стоп-сигналов и сигналов поворота без применения дополнительных аппаратных инверторов.

Функцию обработки внешнего запроса прерывания **mpuInterrupt()** используют для установки флага прерывания **mpuInt**.

Все содержащиеся в программе операции класса Serial служат для конфигурирования последовательного порта Arduino Nano и вывода в него сообщений о ходе работы программы. Эти сообщения могут быть приняты "Монитором последовательного порта" Arduino IDE или любой терминальной программой, запущенной на компьютере, подключённом к разъёму USB модуля Arduino Nano. В отработанном варианте программы эти операции не нужны и могут быть закомментированы.

В процедуре **setup()** после установки режимов работы входов и выходов происходит расчёт порогового значения ускорения в "сыром" виде. Микросхема MPU-6050 представляет каждую измеряемую физическую величину 16-разрядным словом, интервал значений которого от −32768 до +32767. Соответствующий физический интервал значений ускорения может быть выбран равным ±2 g, ±4 g, ±8 g или ±16 g с помощью функции **setFullScaleAccelRange()**. По умолчанию в разных версиях библиотек встречаются разные значения, но в рассматриваемом случае принудительно выбран интервал ±2 g. Поэтому "сырое" значение ускорения равно 16384·a/g, где a — измеренное ускорение, м/с^2.

В ходе инициализации DMP происходит установка необходимых значений его параметров (частота среза ФВЧ, порог срабатывания, длительность сигнала) с помощью соответствующих функций **setDHPFMode()**, **setMotionDetectionThreshold()**, **setMotionDetectionDuration()**. Их допустимо менять для достижения оптимальной работы DMP в конкретных условиях.

До получения запроса прерывания по INT_PIN программа выполняет бесконечный пустой цикл. Следует иметь в виду, что вопреки распространённому заблуждению этот запрос формируется не по событию обнаружения движения, а периодически. Он свидетельствует о готовности в буфере информации, требующей обработки, которая хорошо документирована в представленном примере. В тексте программы имеется перевод комментариев на русский язык.

В процедуре обработки прерывания при проверке состояния регистра прерываний контрольным значением переменной intStatus указано 0x02, а согласно п. 4.16 [8] должно быть 0x01.

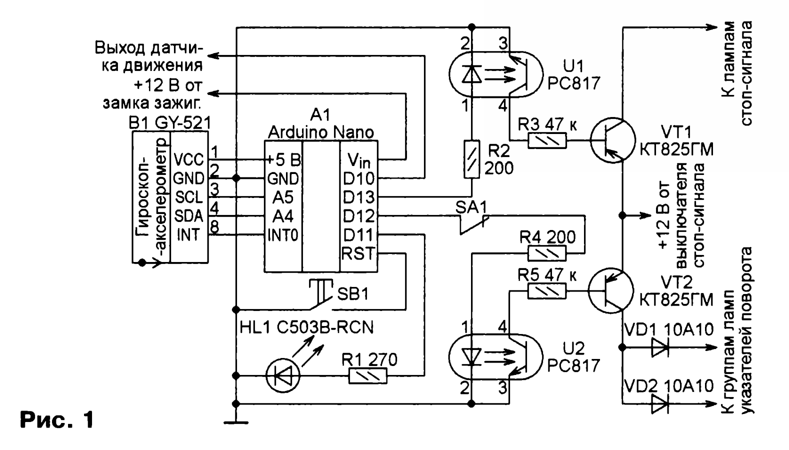


Рис. 1

Из набора функций пространственных вычислений интерес для решаемой задачи представляют только две. Первая — **dmpGetLinearAccel()**. Это расчёт реального ускорения по осям за вычетом проекций ускорения свободного падения. Она необходима для выполнения сложения (с учётом знака) реального ускорения по любой оси с проекцией ускорения свободного падения на эту ось при движении по наклонной плоскости. Вторая функция — **dmpGetYawPitchRoll()** вычисляет углы поворота датчика вокруг осей X и Y. Если направление оси Y совпадает с направлением движения, указанные углы соответствуют тангажу и крену транспортного средства. После работы указанных функций векторная переменная **aaReal** содержит значения реальных ускорений по трём осям, а переменные **aP** и **aR** — округлённые до целых значения углов крена и тангажа в градусах.

Далее всё просто — происходит сравнение полученных значений с пороговыми, и в случае превышения порога устанавливается флаг **ess**. Конечно, это происходит не только при отрицательном ускорении (замедлении), но и при положительном ускорении (разгоне). Для визуальной сигнализации это, однако, не имеет значения, поскольку она включается только во время торможения. Такой подход позволяет не заботиться о совпадении направления оси Y датчика ускорения с направлением движения. Достаточно, чтобы они были параллельны.

Если флаг **ess** не установлен, происходит сравнение углов крена и тангажа с предельными для них значениями. По результату этого сравнения устанавливается логический уровень напряжения на выводе IND_PIN, к которому подключён светодиод. При экстренном торможении, индикация которого приоритетна, такая проверка не выполняется. Использование единого индикатора упрощает конструкцию и излишне не отвлекает внимание водителя.

Далее проверяется наличие сигналов детектора движения по трём осям в прямом и обратном направлениях. При их наличии устанавливается флаг **motion**, по состоянию которого формируется сигнал на выводе MOT_PIN длительностью T_MOT миллисекунд. Этот сигнал может быть использован в качестве дополнительного или основного аварийного в системе охранной сигнализации автомобиля.

Сигнал **ESS** представляет собой пачку импульсов на выводах ESS_PIN, ESS2_PIN и IND_PIN, следующих с периодом T_LED миллисекунд. Число импульсов в пачке зависит от значения переменной **n**, которое вычисляют исходя из заданной длительности сигнала **ESS**. Как было отмечено, активные уровни сигналов могут быть выбраны произвольно.

Принципиальная схема сигнализатора показана на **рис. 1**. Гироскоп-акселерометр B1 GY-521 подключён к микроконтроллеру модуля A1 Arduino Nano по шине I^{2}C. Её тактовая частота задана равной 400 кГц.

В представленном варианте программы в отсутствие сигнала **ESS** на выводе D13 модуля A1 установлен логически высокий уровень напряжения. Через резистор R2 и излучающий диод

оптрона U1 течёт ток. Фототранзистор этого оптрона, а с ним и транзистор VT1 открыты, чем разрешено включение фонарей стоп-сигналов в штатном режиме. В это время на выводе D12 модуля A1 установлен логически низкий уровень напряжения, поэтому фототранзистор оптрона U2 вместе с транзистором VT2 закрыты и не влияют на обычную работу поворотников.

При экстренном торможении на выводах D12 и D13 модуля A2 формируются противофазные пачки длительностью 2 с, состоящие из импульсов, следующих с частотой около 6 Гц, что вызывает периодическое закрывание транзистора VT1 и синхронное с ним открывание транзистора VT2. Поскольку педаль тормоза в это время нажата и напряжение аккумуляторной батареи +12 В с контактов выключателя стоп-сигналов поступает на эмиттеры транзисторов VT1 и VT2, свечение ламп как основных, так и вспомогательных стоп-сигналов становится прерывистым. Светодиод HL1 служит индикатором сигналов экстренного торможения (они имеют приоритет) и сигнала превышения допустимого крена и тангажа. В дежурном режиме он сигнализирует о готовности устройства — кратковременно вспыхивает с периодом 10 T_LED (по умолчанию — 1,5 с). Это необходимо на случай "зависания" микроконтроллера.

Если экстренное торможение происходит на повороте и одна группа поворотников периодически включается реле-прерывателем, то в интервалах, когда контакты этого реле разомкнуты, ею управляет транзистор VT2. Вместо паузы в подаче сигнала поворота при экстренном торможении будет наблюдаться его учащённое мигание. Другая группа поворотников в это время управляется только сигналом экстренного торможения и мигает непрерывно. Сигналы штатной и вновь установленной систем как бы накладываются. Диоды VD1 и VD2 предотвращают взаимное влияние старых и новых цепей управления поворотниками. Выключателем SA1 можно отключить дублирование сигналов экстренного торможения поворотниками.

Транзисторы КТ825ГМ в корпусе ТО-218 (КТ-43) можно заменить на КТ825А в металлостеклянном корпусе ТО-3 (КТ-9). Подойдут и импортные транзисторы BDx86B, 2N6052, 2N6286, 2N6287, MJ11013, MJ11015 или аналогичные кремниевые составные p-n-p транзисторы с максимальным током коллектора не менее 10 А и статическим коэффициентом передачи тока не менее 750. Допускается замена каждого из перечисленных транзисторов парой транзисторов КТ816Г и КТ818Г, соединённых по схеме Дарлингтона.

Если в стоп-сигналах и поворотниках автомобиля установлены не лампы накаливания, а светодиоды, в качестве VT1 и VT2 допустимо использовать транзисторы КТ973А при условии, что постоянный ток, коммутируемый каждым из них, не превышает 1 А. Диоды 10А10 могут быть заменены на КД213А или КД2999А с допустимым прямым током не менее 10 А.

Все элементы устройства, за исключением датчика B1 GY-521, размещены на макетной плате размерами 55×45 мм с шагом монтажных отверстий 2,54 мм. Модуль A1 Arduino Nano закреплён на монтажной плате термоклеем. Соединения между модулем и датчиком выполнены монтажными проводами с гнездовыми наконечниками.

Все элементы размещены в пластмассовом корпусе размерами 75×75× ×35 мм, как показано на **рис. 2**. Датчик B1 закреплён на крышке корпуса одним винтом М3 с упругой шайбой, что даёт возможность повернуть его вокруг оси Z, чтобы направить ось Y по направлению движения. Направления осей X и Y обозначены на печатной плате датчика B1 стрелками.

Транзисторы в корпусах ТО-218 (КТ-43) устанавливают непосредственно на монтажной плате, а в металлостеклянных корпусах ТО-3 (КТ-9) — отдельно внутри корпуса устройства. Применение теплоотводов необязательно. Для подключения силовых цепей следует использовать медный многожильный провод с сечением по меди не менее 0,75 мм^2.

Авторский экземпляр устройства установлен на автомобиле ВАЗ-2109. Транзистор VT1 включён в разрыв провода, идущего от контакта 14 разъёма Ш9 монтажного блока, эмиттером к этому контакту. Катоды диодов VD1 и VD2 подключены к контактам 4 и 12 выключателя аварийного сигнала (к указателям левого и правого поворотов). Вход V_{in} модуля A1 соединён с контактом 6 разъёма замка зажигания (питание основного электрооборудования автомобиля). Схема подключения одинакова для всех модификаций автомобилей ВАЗ-2108, ВАЗ-2109, ВАЗ-21099. При подключении сигнализатора к автомобилям других типов необходимо руководствоваться их принципиальными электрическими схемами.

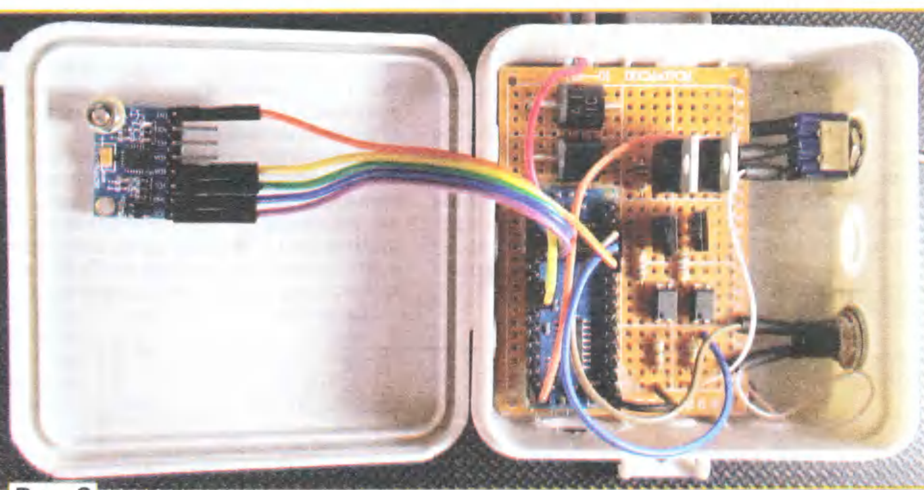


Рис. 2

Собранное устройство устанавливают на П-образном кронштейне, позволяющем изменять угол его наклона относительно горизонтальной плоскости, на панели салона в свободном пространстве слева от рулевой колонки. Это даёт возможность без затруднений подключиться к разъёму замка зажигания электрическими проводами минимальной длины.

Светодиод HL1 можно расположить в любом удобном месте. Кнопка SB1 и выключатель SA1 установлены на корпусе устройства. Они не требуют оперативного доступа.

Налаживание сигнализатора заключается в ориентации оси Y датчика B1, установленного внутри его корпуса, параллельно продольной оси автомобиля.

При установке на карбюраторный автомобиль корпус устройства должен быть расположен горизонтально с точностью ±1°. Этого добиваются подгибанием крепёжного кронштейна, предварительно поместив автомобиль на ровную горизонтальную площадку. Контроль крена и тангажа ведут с помощью "Монитора последовательного порта" Arduino IDE. Для автомобилей, оснащённых двигателями с инжекторными системами впрыска топлива, функцию контроля крена и тангажа можно исключить, при этом отпадает и необходимость в горизонтальном расположении корпуса сигнализатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ремизов А.** Мигающие стоп-сигналы сократят число ДТП. — URL: **https://www.zr.ru/content/news/26888-migajushhije_stop-signaly_sokratat_chislo_dtp/** (23.10.2019).

2. Как система ESS предупреждает водителей, которые едут сзади, об экстренном торможении. — URL: **https://voditeliauto.ru/poleznaya-informaciya/bezopasnost/sistema-ess.html** (23.10.2019).

3. **Юхименко В. Ф., Яценко А. А.** Безопасность транспортных средств: Практикум. — Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2011. — URL: **https://sci-book.com/logistika-uchebnik/bezopasnost-transportnyih-sredstv-praktikum.html** (23.10.2019).

4. Замедление при экстренном торможении транспортных средств. Коэффи-

циент сцепления шин с дорогой. — URL: **http://dtp-profi.ru/page12.html** (23.10.2019).

5. MPU-6050 Six-Axis (Gyro + Accelerometer) MEMS MotionTracking™ Devices. — URL: **https://www.invensense.com/products/motion-tracking/6-axis/mpu-6050/** (23.10.2019).

6. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4. — URL: **https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf** (23.10.2019).

7. **Жмудь В. А.** и др. Акселерометр и гироскоп MPU6050: первое включение на STM32 и исследование показаний в статике. — Автоматика и программная инженерия, 2018, № 3 (25), с. 9—20. — URL: **http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-3-2018-1.pdf** (23.10.2019).

8. MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Descriptions. — URL: **https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf** (23.10.2019).

9. **Rowberg J.** i2cdevlib/Arduino/MPU6050. — URL: **https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/MPU6050** (23.10.2019).

10. **Rowberg J.** I2Cdevlib Documentation. I2Cdev.h. — URL: **https://www.i2cdevlib.com/docs/html/_i2_cdev_8h_source.html** (23.10.2019).

11. **Rowberg J.** i2cdevlib/Arduino/I2Cdev. — URL: **https://github.com/jrowberg/i2cdevlib/tree/master/Arduino/I2Cdev** (23.10.2019).

От редакции. По адресу http://ftp.radio.ru/pub/2019/12/ess3.zip имеется скетч программы для используемого в сигнализаторе модуля Arduino Nano.

Источник питания для велофары и стоп-сигналов велосипеда

А. ИВАНОВ, г. Петрозаводск

В моей предыдущей статье [1] было приведено описание недорогой велосипедной велофары, которую можно собрать самостоятельно. Но это только половина дела, поскольку ей требуется надёжный автономный источник питания, желательно из недорогих и доступных деталей. Такой источник питания был разработан. Вниманию читателей предлагается описание его конструкции.

Предпосылки к его созданию были следующие. Батарея из комплекта велофары китайского производства, собранная из четырёх попарно соединённых аккумуляторов типоразмера 18650, обладала рядом очевидных недостатков. Первый — аккумуляторы в угоду дешевизне изделия использованы самые дешёвые, зачастую не обладающие даже половиной заявленной ёмкости, что негативно сказывалось на времени работы велофары. Второй — устройство защиты (PCB — Protection Circuit Board), встроенное в каждый аккумулятор, обеспечивало только форсированную (максимальным током) зарядку до тех пор, пока напряжение на аккумуляторе не возрастало до 4,2 В. PCB часто ограничивало ток разрядки не самым низким сопротивлением открытого канала встроенного полевого транзистора. Но это в данном конкретном случае являлось, скорее всего, положительной чертой именно для работы с этой велофарой, у которой очень часто присутствовали серьёзные проблемы с надёжностью силового ключа. Форсированная зарядка быстро изнашивала аккумуляторную батарею, и её ёмкость после года эксплуатации начинала падать экспоненциально. Ну и, наконец, наличие устройства защиты в каждом аккумуляторе мешало балансировке суммарной ёмкости и ёще больше снижало ресурс и ёмкость батареи.

В предлагаемой конструкции было устранено большинство перечисленных выше недостатков. В основу её разработки ставились простота схемных решений, доступные детали и надёжность работы.

Начать следует с главного: где взять надёжные и недорогие аккумуляторы типоразмера 18650? Оказывается, всё не так уж и сложно — неплохие аккумуляторы можно позаимствовать из старых и даже неисправных аккумуляторных батарей ноутбуков. Смысл идеи прост: в ноутбуки плохие аккумуляторы производителю ставить невыгодно, поскольку продолжительность их работы сразу расставит всё по своим местам. В качестве доноров желательно рассматривать Li-ion батареи ноутбуков сравнительно старых моделей, как более качественные, выпуска 2010—2014 годов. Их можно недорого приобрести в сервисных центрах по ремонту ноутбуков или в пунктах приёма вторсырья. За сохранность и ёмкость таких аккумуляторов в большинстве случаев можно не волноваться, и вот почему. Производители ноутбуков комплектуют свои изделие, как правило, фирменными аккумуляторами, изначально закладывая в них возможность ограниченного числа циклов "зарядка—разрядка", примерно около ста циклов. Делают это по простой причине — по истечение заданного числа циклов зарядка аккумуляторной батареи блокируется, она перестаёт заряжаться, а ноутбук выводит сообщение о необходимости замены аккумулятора целиком. Таким образом, производитель позиционирует батарею ноутбука не как часть всего изделия, а как расходный материал, стимулируя продажи новых аккумуляторов на замену. Это известный факт, и народные умельцы давно борются с этой несправедливостью с помощью различных программ, сбрасывающих счётчик числа циклов зарядки батареи через I^2C-интерфейс аккумулятора. Иногда снимается дамп ПЗУ из нового аккумулятора с околонулевым счётчиком числа зарядки и производится попытка его "заливки" в уже заблокированный аккумулятор того же типа. Производитель же борется с такими "левшами" путём усложнения узлов контроля зарядки и изменения работы программных алгоритмов, пытаясь сделать невозможным сброс счётчика.

Но зачастую остаётся неучтённым тот факт, что для хорошего аккумулятора от известных производителей (Sony, Sanyo, Panasonic и т. д.) и сотня циклов "зарядка—разрядка" мало влияет на конечную ёмкость, которая продолжает оставаться в нужных пределах и после блокировки всего аккумулятора в целом. Поэтому, как показала практика, извлекая такие аккумуляторы из старых батарей, можно рассчитывать на их остаточную ёмкость не менее 70 % от номинала, т. е. аккумуляторы при правильной эксплуатации могут проработать ещё продолжительное время.

Правильная эксплуатация — это, во-первых, непревышение положенных для Li-ion аккумуляторов напряжения 4,2 В, а также режим щадящей буферной зарядки. Разумеется, продолжительность зарядки в таком случае существенно возрастает, но также возрастают надёжность и долговечность аккумуляторов.

На основе изложенного выше были собраны три одинаковые аккумуляторные батареи, используемые для питания велофары с 2013 г. Следует отметить, что за шесть лет эксплуатации, включая зимний период, ёмкость любой из батарей не снизилась настолько, чтобы можно было её считать неисправной или требующей замены. Все они работоспособны до сих пор. Одна

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

батарея питает велофару, вторая — всегда с собой в запасе и ещё одна — в долговременном резерве. Ток саморазрядки с учётом электронного управления и индикации таков, что подзаряжать батарею долговременного резерва приходится не чаще одного раза в полгода, а рабочую и запасную батареи — по мере разрядки.

Все три батареи собраны как раз из аккумуляторов старых списанных ноутбуков. Важной особенностью батарей от ноутбука является и то, что они, как правило, собраны из ячеек, состоящих из параллельно соединённых двух или трёх аккумуляторов. Это делают производители на заводе, где аккумуляторы подбирают по примерно одинаковой ёмкости. Такое соединение частично решает описанную в начале статьи проблему с балансировкой ёмкости отдельных аккумуляторов. Будучи соединены параллельно, два или три аккумулятора имеют примерно одинаковые режимы зарядки и разрядки при близкой начальной ёмкости. Поэтому их можно рассматривать как один, но с удвоенной или утроенной ёмкостью. Для применения эту особенность трудно переоценить, поскольку появляется возможность набирать требуемую ёмкость аккумуляторной батареи сравнительно простыми способами.

Особенности предлагаемого источника питания обусловлены тем, что большинство светодиодных велофар питаются от четырёх последовательно-параллельно соединённых аккумуляторов типоразмера 18650, поэтому интервал напряжений от полной разрядки до полной зарядки находится в пределах 6,4...8,4 В. Разряжать Li-ion аккумуляторы до напряжения менее 3 В нельзя, поэтому нижним пороговым значением для батареи выбрано напряжение с небольшим запасом, а именно 6,4 В для двух последовательно соединённых аккумуляторов. Верхний порог 8,4 В по очевидным причинам также задан жёстко.

Практика эксплуатации велофар китайского производства показала, что несмотря на условную индикацию разрядки батареи (светодиод под светопроницаемой кнопкой велофары) на достаточно изношенном аккумуляторе промежуток между началом предупреждения о разрядке и автоматическим отключением батареи бывает довольно короток. При поездке по неосвещённым трассам или автодорогам этот момент может оказаться фатальным для велосипедиста. Поэтому для исключения подобных ситуаций в предлагаемом устройстве индикация разрядки батареи носит рекомендательный характер, без отключения батареи от нагрузки. Как показала практика многолетней всесезонной езды на велосипеде, преимущества такого решения иногда бывает трудно переоценить.

Схема источника питания показана на **рис. 1**. На линейном регулируемом стабилизаторе DA2 собран стабилизатор тока зарядки, который задан резисторами R4—R9, а параллельный стабилизатор напряжения DA1 с помощью входа ADJ микросхемы DA2 ограничивает максимальное напряжение на батарее аккумуляторов G1—G4 на уровне 8,4 В. Это значение задаёт резистивный делитель R1R2. При подаче внешнего питания на контакты 1 и 2 разъёма XP1 через микросхему DA2 протекает ток 0,8...0,9 А (при указанных на схеме номиналах резисторов R4—R9), который через диод VD1 поступает на батарею аккумуляторов G1—G4, обеспечивая её зарядку. По мере зарядки батареи ток через микросхему DA1 увеличивается, а напряжение на входе ADJ микросхемы DA2 уменьшается, что приводит к уменьшению выходного напряжения, а значит, и тока зарядки. При достижении напряжения батареи 8,4 В зарядка практически прекращается, переводя источник питания в режим буферной подзарядки батареи малым током. При отключении внешнего питания с вилки XP1 диод VD1 не даёт батарее разряжаться через микросхемы DA1 и DA2, минимизируя ток разрядки. Недостатком такого режима работы является сравнительно продолжительная по времени полная зарядка аккумуляторной батареи, для ёмкости 4 А·ч — около 8 часов.

Узел контроля разрядки батареи построен на специализированной микросхеме DA3 — супервизоре с порогом переключения 6,4 В, её включение — стандартное. Инвертированный элементом DD1.3 сигнал с выхода микросхемы DA3 используется для включения индикатора разрядки, собранного на логическом элементе DD1.4 и светодиоде HL1. Схема индикации позаимствована из [2] и работает следующим образом. Пока батарея заряжена, на выходе микросхемы DA3 за счёт подтягивающего резистора R11 присутствует высокий уровень, а на выходе элемента DD1.3 — низкий уровень, светодиод HL1 погашен. При снижении напряжения батареи до 6,4 В и менее на выходе микросхемы будет низкий уровень, а на выходе элемента DD1.3 появится высокий, запуская работу генератора на элементе DD1.4. Сверхъяркий светодиод HL1 красного свечения начинает кратковременно вспыхивать. Ток потребления при этом, как и указано в [2], невелик, поэтому какого-то влияния на общую разрядку аккумуляторной батареи не оказывает. Чем сильнее разряжена батарея, тем реже вспыхивает светодиод. При определённом опыте по частоте вспышек можно даже сказать, до какого напряжения разрядилась аккумуляторная батарея. Вспышки светодиода сигнализируют о том, что батарею необходимо зарядить, подав внешнее питание на вилку XP1, как было описано выше.

Для того чтобы рационально использовать оставшиеся два элемента микросхемы DD1, были добавлены генератор прямоугольных импульсов на элементе DD1.1, буферный каскад на элементе DD1.2 и электронный ключ на полевом транзисторе VT1. Резисторы R13 и R14 — токоограничивающие. Эти узлы позволяют в случае необходимости реализовать на велосипеде задний габаритный стоп-сигнал, собранный на группе сверхъярких светодиодов красного цвета. Частота вспышек определяется постоянной времени цепи R10C4. Стоп-сигнал подключают к контактам 3 и 4 вилки XP1 через выключатель. Если стоп-сигнал не требуется или есть автономный светильник, этот узел

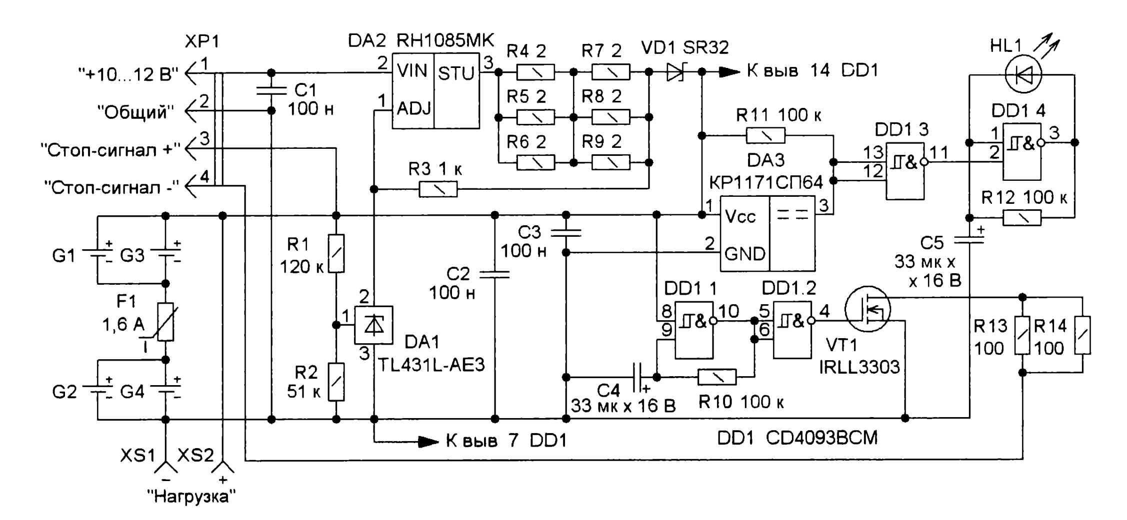


Рис. 1

можно исключить, убрав ненужные элементы, а входы элементов DD1.1 и DD1.2 соединить с выводом 14 микросхемы DD1.

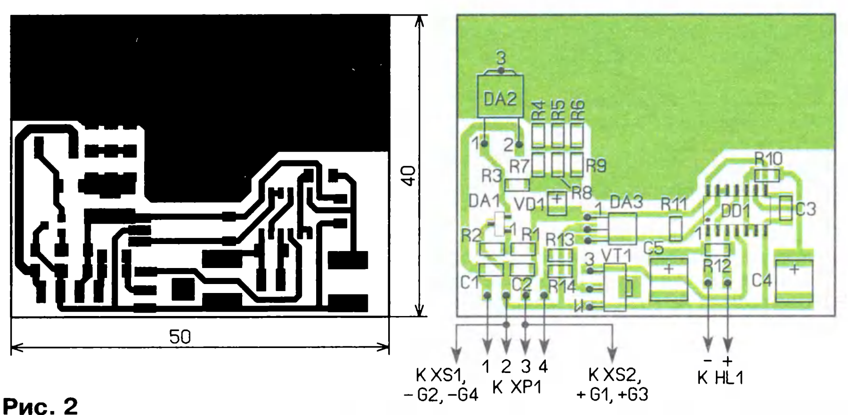


Рис. 2

Светодиодную фару можно подключить к гнёздам XS1 и XS2 или к контактам 2 и 3 вилки XP1 (с соблюдением полярности!), если стоп-сигнала нет или он имеет автономное питание.

Печатная плата изготовлена из двухстороннего стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм, её чертёж показан на **рис. 2**. Слой меди на второй стороне не удалён, не соединён ни с какими цепями и служит дополнительным теплоотводом. Эта особенность платы, а также выбор тока зарядки 0,8 А обусловлены авторской конструкцией источника питания — почти герметичный брызгозащищённый корпус размерами 100×42×54 мм (**рис. 3**), в котором рассеяние тепла от микросхемы DA2 ограничено.



Рис. 3

Большинство применённых элементов — для поверхностного монтажа. Конденсаторы C4 и C5 — танталовые, типоразмера B или C, остальные конденсаторы и резисторы — типоразмера 1206. Микросхема DA2 может быть заменена на любой доступный SMD-аналог микросхемы LM1084 или LM1085 с максимальным током не менее 2 А. Такие регуляторы можно найти, например, на старых материнских платах Gigabyte для Pentium 4, обеспечивающих питание DDR-памяти. На той же плате можно найти и аналог микросхемы серии TL431 в SMD-исполнении, а помимо него, можно найти и самовосстанавливающийся предохранитель F1 на ток 1,6 или 2,5 А.

Диод SR32 можно заменить любым диодом Шоттки с максимальным прямым током не менее 2 А. Микросхему CD4093BCM можно заменить микросхемой К561ТЛ1 с коррекцией топологии печатной платы. Группу резисторов R4—R9 можно заменить одним или двумя резисторами большей мощности с учётом протекающего через них тока и выделяемого на них тепла, а микросхему DA2 желательно по возможности установить на отдельном теплоотводе.

Батарея аккумуляторов собрана из четырёх аккумуляторов CGR18650AF производства Panasonic ёмкостью по 2050 мА·ч каждый, изъятых из старого ноутбука, как было описано ранее. Для предотвращения возможных негативных последствий в ходе сборки и эксплуатации такого аккумулятора непосредственно на клеммах распаян самовосстанавливающийся предохранитель F1 на ток 1,6 А. При желании можно установить предохранитель и на больший ток или вообще обойтись без него.

Сначала собирают аккумуляторную батарею с предохранителем, проводные выводы "+" и "−" изолируют во избежание короткого замыкания. После этого следует убедиться, что устройство собрано правильно, а затем на контакты 1 и 2 вилки XP1 подать напряжение 10...12 В через амперметр с пределом измерения до 2 А. Далее проводят контроль напряжения на конденсаторе C2, оно должно быть 8,4±0,05 В. Если это не так, следует подобрать один из резисторов R1 или R2. Потребляемый от внешнего источника ток должен быть небольшим, не более нескольких десятков миллиампер. Затем, постепенно уменьшают напряжение внешнего источника питания, при этом следует убедиться, что при напряжении около 7 В начинает вспыхивать светодиод HL1. Узел управления стоп-сигналом проверяют, подключив маломощную лампу накаливания 6,3 В к выводам 3 и 4 вилки XP1.

Затем с соблюдением полярности подключают разряженную аккумуляторную батарею. Ток, потребляемый от внешнего источника, должен заметно повыситься, но не превышать 0,8...0,9 А. Если это значение превышено, следует отключить батарею и проверить правильность монтажа.

Если же ток остался в указанных пределах, следует проследить за динамикой зарядки. Ток, в зависимости от ёмкости и состояния аккумуляторной батареи, будет медленно уменьшаться, ближе к концу зарядки экспоненциально. Периодически следует замерять напряжение на заряжаемой батарее. Когда оно достигнет 8,4 В, потребляемый от внешнего источника ток уменьшится и начнётся буферная подзарядка. Внешнее питание можно отключать, батарея заряжена. В дальнейшем при эксплуатации устройства производить контроль напряжения батареи при зарядке не требуется, равно как и отключение внешнего питания в связи с этим, аккумулятор не перезарядится.

Разрядку аккумулятора читатели могут производить самостоятельно по любой из описанных в литературе методик, следует лишь зафиксировать переход на разряжаемой батарее через 6,4 В и убедиться, что при этом начал вспыхивать светодиод HL1. На этом проверка работы устройства закончена.

В заключение можно указать, что описанная ранее велосипедная фара и предложенный источник питания для неё были изготовлены автором в нескольких экземплярах для фонарей и фар различного назначения и показали высокую надёжность и удобство в эксплуатации. Для зимнего периода эксплуатации автором рекомендуется упаковка собранной батареи аккумуляторов (без платы) в небольшой дополнительный войлочный футляр, который немного увеличит время работы батареи в морозы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Иванов А.** Велосипедная светодиодная фара. — Радио, 2019, № 11, с. 48, 49.

2. **Стрюков В.** Экономичный светодиодный индикатор. — Радио, 2006, № 7, с. 56.

От редакции. Чертёж печатной платы и схема размещения элементов в формате bmp имеются по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2019/12/bp-fara.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®
ДОПОЛНЕНИЕ К НАПЕЧАТАННОМУ
E-mail: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2019

ЩЕРБИНА А., БЛАГИЙ С., ИВАНОВ В. Применение микросхемных стабилизаторов серий 142, К142 и КР142. — Радио, 1991, № 3, с. 47—51.

На вопросы читателя отвечает редакция.

Правильны ли авторские формулы расчёта резисторов R1 и R2 для схемного решения на рис. 1 статьи?

Неправильны, на с. 47 (правая колонка, нижний абзац) следует читать:

"Сопротивление резисторов R1 и R2 рассчитывают по формулам: $R1 = U_{вых\,ст} / I_{R1}$; $R2 = (U_{вых} - U_{вых.ст}) / (I_{R1} + I_п)$, где $I_п$ — собственный потребляемый микросхемой ток, равный 4,2...10 мА. Для нормальной работы стабилизатора ток I_{R1} должен быть как минимум вдвое больше тока $I_п$. Приняв I_{R1} = 20 мА, в рассматриваемом случае ($U_{вых}$ = 10 В, $U_{вых\,ст}$ = 5 В) получаем R1 = 5 / 0,02 = = 250 Ом, R2 = (10 – 5) / (0,02 + + 0,0042...0,01) ≈ 166,6...206,6 Ом."

Следует отметить, что указанные здесь формулы применимы для расчётов и к импортным (серия 78хх) аналогам стабилизаторов серий 142, К142 и КР142 с фиксированным выходным напряжением. У маломощных стабилизаторов серии 78Lxx собственный потребляемый ток $I_п$ меньше и равен 3...6 мА.

УСТИНОВ С. Зарядные устройства для Ni-Zn и Li-ion аккумуляторов. — Радио, 2019, № 10, с. 33—36.

Печатные платы.

Чертежи печатных плат и расположение элементов зарядных устройств для Ni-Zn и Li-ion аккумуляторов приведены соответственно на **рис. 1** и **рис. 2**. Платы рассчитаны на установку элементов для монтажа в отверстия.

От редакции. *Чертежи печатной платы в форматах Sprint LayOut 5.0 и TIFF размещены по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2019/12/zu.zip** на нашем сервере.*

САЛИМОВ Н. Измеритель ёмкости конденсаторов на микроконтроллере. — Радио, 2019, № 5, с. 22, 23.

Замена микроконтроллера.

Без изменения программы вместо микроконтроллера ATtiny2313 можно применить ATtiny2313A.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ

САЛИМОВ Н. Измеритель ёмкости конденсаторов на микроконтроллере. — Радио, 2019, № 5, с. 22, 23.

Тип транзистора VT3.

На схеме (рис. 1 в статье) ошибочно указан тип полевого транзистора VT3 — DSS138LT1G. Правильный тип этого транзистора — BSS138LT1G.

ОЗОЛИН М. Измеритель ёмкости аккумуляторных батарей. — Радио, 2015, № 7, с. 26.

Ошибки на схеме.

На схеме в статье кнопка SB1 и резистор R8 подключены неправильно. Кнопка SB1 на схеме подключена к выводу порта PA3 (выв. 17) микроконтроллера DD1, а резистор R8 — к выводу порта PA5 (выв. 13), а должно быть наоборот, резистор R8 должен быть подключён к выводу порта PA3 (выв. 17), а кнопка SB1 — к выводу порта PA5 (выв. 13) микроконтроллера DD1.

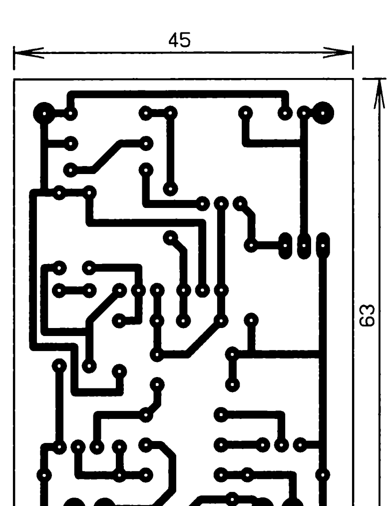
Резистор R2 в авторском варианте составлен из двух сопротивлением 56 кОм и 27 кОм, соединённых последовательно. Измеренное суммарное сопротивление этого резистора — 92,5 кОм.

СВЕЧИХИН С. Простые точные часы. — Радио, 2019, № 10, с. 38, 39.

Ошибки на схеме.

На схеме в статье неправильно обозначен номер вывода порта PC1 микроконтроллера DD1, к которому подключён резистор R1. Его номер должен быть 24, а не 12, как указано на схеме.

Кроме того, неправильно указана цоколёвка светодиодного индикатора TM1637. Правильные номера выводов индикатора: V_{cc} — 2, CLK — 4, DIO — 3, GND — 1.



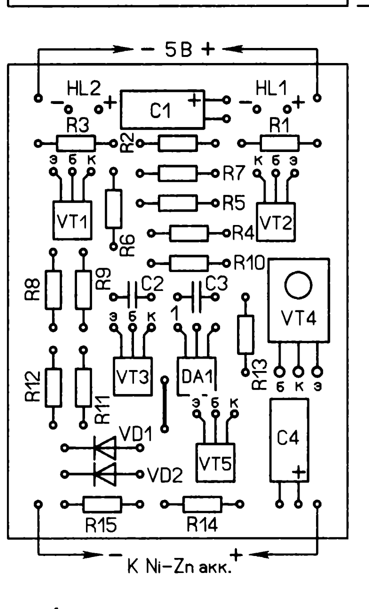
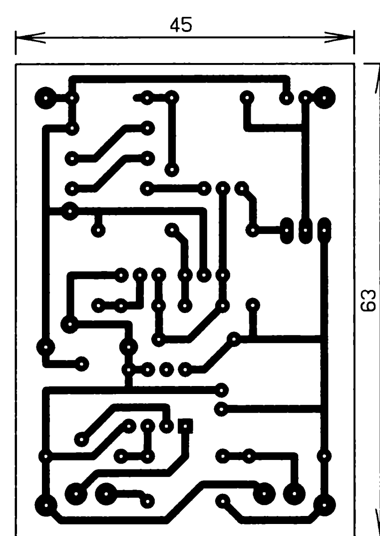


Рис. 1



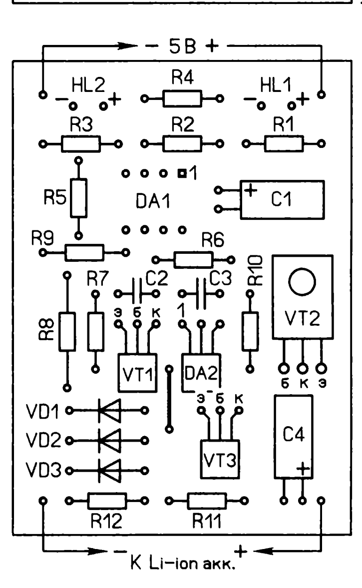


Рис. 2

РАДИО

E-mail: mail@radio.ru

ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

о связи

Создание ФРС СССР (1959 год)

Георгий ЧЛИЯНЦ (UY5XE), г. Львов, Украина

На фестивале "Домодедово-2012" Юрий Куриный (RG9A) подарил мне книгу [1], посвящённую 65-летию Челябинского областного радиоклуба, в которой на с. 2 приведена интересная фотография участников конференции Федерации радиоспорта (ФРС) СССР 1959 г. и которая в журнале "Радио" [2] не публиковалась.

На ней я обнаружил много знакомых лиц. Особенно приятно было увидеть на фотографии молодого капитана москвича Г. В. Гуляева (UA3HK), в 1967—1969 гг. моего будущего командира — майора Геннадия Владимировича Гуляева (тогда — UY5XS, позже в Куйбышеве — UA4HLK). В конце 50-х — первой половине 60-х годов UA3HK был председателем дипломной комиссии ФРС и ЦРК СССР и был очень удивлён, когда я ему в армии показал диплом Р-10-Р за его подпись (1964 г. на мой SWL-позывной UB5-44034). Когда я пришёл служить в армию, у меня уже был позывной UY5XE, а он никак не мог получить новый (после переезда из Москвы), поскольку командир части не давал разрешение. И только после посещения части Ю. В. Андроповым в 1968 г. дело, что называется, "сдвинулось с мёртвой точки" и он получил позывной UY5XS. В настоящее время позывной



Участники учредительной конференции Федерации радиоспорта СССР в 1959 году, г.Москва. Сидят 1-й ряд: Г. Рекач - UA3DQ, К. Луценко - UA9CN, Э.Т. Кренкель – RAEM, Чернышов - UA9OF, Жученко - UA1CC, Казанский - UA3AF, Гуляев - UA3HK.Сидят 2-й ряд: Кикнадзе – UF6FB, Верховский - UF6PD, Шевкунов - UA6FA, Довненко - RB5ARR, Левандовский - RA3AAS, Чулков -UA3GC, кудряшов - UA3XL Стоят 3-й ряд: Серебряков - UA9YM, В.А. Ломанович - UA3DH, Ю.М. Селевко -UA9AA, Г. Дэжунковский - UA1AB, Шишмонян - UG6AW, Шабалин - UA3TJ и Шумский - UA3BO.

UA4HLK закрыт, но по моим сведениям он жив — ему почти 89 лет.

К сожалению, в подписи к фотографии (на неё попали не все участники конференции) были допущены некоторые опечатки и неточности (в инициалах), которые удалось восстановить:

— RAEM — Эрнст Теодорович Кренкель (Москва; до войны — eu2EQ, U3AA, RAEM; Герой Советского Союза; президент ФРС СССР);

— RA3AAS — Борис Андреевич Левандовский (Расторгуево Московской обл.; автор нескольких книг для радиолюбителей);

— RB5ARR — Евгений Сергеевич Довненко (начальник Кировоградского радиоклуба; позже — UB5TA);

— UA1AB — Георгий Николаевич Джунковский (Ленинград; соавтор известных конструкций трансиверов серии ДЛ);

— UA1CC — Игорь Николаевич Жученко (Ленинград);

— UA3AF — Николай Валентинович Казанский (до войны, в Казани — RK-4168, U4AM; сотрудник ЦК ДОСААФ, Заслуженный тренер СССР);

— UA3BO — Александр Павлович Шумский (Москва, сотрудник ЦРК ДОСААФ);

— UA3DH — Виктор Александрович Ломанович (Москва; автор нескольких книг для ультракоротковолновиков);

— UA3DQ — Алексей Германович Рекач (Москва; до войны — eu2PK, U3DQ);

— UA3GC — Владилен Ильич Чулков (Москва);

— UA3TJ — Арий Михайлович Шабалин (Горький);

— UA3XL — Валентин Иванович Кудряшов (Калуга);

— UA6FA — Виктор Игнатьевич Шевбунов (начальник Ставропольского радиоклуба);

— UA9AA — Юрий Михайлович Селевко (начальник Челябинского радиоклуба);

— UA9CN — Константин Петрович Луценко (Свердловск; позже — председатель областного отделения ФРС);



Первый нагрудный значок-эмблема Федерации радиоспорта СССР.

— UA9OF — Фёдор Иванович Чернышов (сотрудник Новосибирского радиоклуба);

— UA9YM — Николай Игнатьевич Серебряков (начальник Барнаульского радиоклуба);

— UF6FB — Сергей Николаевич Кикнадзе (Тбилиси);

— UF6PD — Семён Семёнович Верховский (Батуми);

— UG6AW — Жирайр Хачатурович Шишманян (Ереван; до войны, в Батуми — U6ST; позже — председатель ФРС Армянской ССР).

Многие из них были хорошо известны как по эфиру, так и по публикациям в журнале "Радио".

Следует добавить, что эта Учредительная конференция ФРС СССР проходила 21—23 декабря в Москве [1] в рамках третьего пленума ЦК ДОСААФ, при котором она была создана (т. е. без оформления юридического статуса). Позже при комитетах ДОСААФ (республик и областей) были созданы и соответствующие ФРС.

На эту конференцию прибыли представители радиолюбительской общественности всех союзных республик, городов Москвы и Ленинграда.

Помимо упомянутых на фотографии, на конференции из коротковолновиков присутствовала и UB5BB (Мариам Григорьевна Бассина — начальник UB5KBA, Львов).

Также её участниками были Кашпровский (Москва), Максимов (Иркутск), Трашков (Казань) — видимо, начальники радиоклубов, Э. Рахуоя (начальник республиканского радиоклуба, Таллин), Вениамин Михайлович Рожнов (начальник Сталинского радиоклуба) и другие (их фамилии автору установить не представилось возможным).

От руководства ЦК ДОСААФ присутствовал его председатель — генерал-полковник, Герой Советского Союза Павел Алексеевич Белов (1897—1962), член президиума ЦК ДОСААФ — генерал-майор технических войск Борис Фёдорович Трамм и начальник ЦРК ДОСААФ СССР Иван Александрович Демьянов.

Примечание. До декабря 1959 г. радиолюбительским движением в стране руководил Совет ЦРК ОСОАВИАХИМ СССР (был создан в сентябре 1946 г. и его первым председателем был избран Э. Т. Кренкель). ФРС СССР стала членом IARU в 1962 г.

В 1960 г. был выпущен первый её нагрудный значок-эмблема.

Во второй половине 60-х — первой половине 70-х годов, последовательно, выпускаются две разновидности значков ФРС, на которых несколько видоизменяется эмблема. На этих значках стало возможным обозначение позывного его владельца и радиолюбительский стаж.

В разные годы республиканскими и областными ФРС выпускались свои значки (как "чисто" с эмблемами, так и с позывными, размещёнными на значках, которые выпускались к юбилеям и различным слётам). В моей коллекции таких значков больше десяти.







Значки Федерации радиоспорта СССР из коллекции автора (UY5XE).

ЛИТЕРАТУРА

1. 65 лет со дня создания Челябинского областного радиоклуба ОСОАВИАХИМ-ДОСАРМ-ДОСААФ-РОСТО-ДОСААФ — 1947—2012. Юбилейный сборник. Составители Юрий Куриный RG9A и Александр Аникин. — Челябинск: 2012 — 32 с.

2. Федерация радиоспорта СССР создана! — Радио, 1960, № 2, с. 10, 11.



Итоги Russian "RADIO" WW RTTY CONTEST 2019

В 2019 г. в телетайпных соревнованиях, проводимых совместно редакцией журнала "Радио" и Союзом радиолюбителей России, приняли участие около 500 спортсменов. Мы получили 458 отчётов из 54 стран мира (по списку DXCC). Это немного больше, чем в прошлом году.

В многодиапазонном зачёте лучшим стал Юрий Куриный (RG9A, г. Челябинск). Matija Vierda (9A3VM, г. Дубровник, Хорватия), в прошлом году занявший третье место, на этот раз стал вторым. На третьем месте — Виктор Локкер (RA9AU, г. Коркино Челябинской обл.).

На диапазоне 28 МГц работала лишь одна радиостанция (R6CC, Александр Молчанов, г. Сочи Краснодарского края), поэтому итоги в этой группе не подводились, поскольку по регламенту "подведение итогов в группе проводится при условии участия не менее шести радиостанций".

Первое место на диапазоне 21 МГц занял Ivan Milenkovic (YT2AAA) из сербского г. Валево (Valjevo). На втором месте — Валентин Суровцев (RT6DI, г. Тихорецк Краснодарского края). Третье место занял Юрий Лопарев (RG4A, г. Петров Вал Волгоградской обл.).



Юрий Куриный (RG9A) показал лучший результат в многодиапазонном зачёте.



Евгений Пресман (4Z5UN) — победитель в группе SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 3,5 МГц.



Александр Молчанов (R6CC).

На диапазоне 14 МГц первое место занял Laszlo Nagy (HG5D) из венгерского г. Шаркад (Sarkad). Второе место — Noel Poulin (VE2RYY, Saint-Bernard, Канада). На третьем месте — Omar Baghdadi (OD5ZF, г. Триполи, Ливия).

Лучшим на диапазоне 7 МГц стал Урал Кинзягулов (RU8W, д. Яр-Бишкадак, Башкортостан). Анатолий Мурашов (ES4RD, г. Нарва, Эстония) занял второе место, третье — Виктор Иванов (UA9SBQ, с. Палимовка Оренбургской обл.).

На диапазоне 3,5 МГц, как и в прошлом году, победил Евгений Пресман (4Z5UN, г. Петах-Тиква, Израиль), который в этих соревнованиях в предыдущие два года был лучшим на диапазоне 7 МГц. Второе место здесь занял Milos Stankovic (S53X, Dutovlje, Словения), третье — Владимир Щербаков (RA3Y, с. Супонево Брянской обл.).

Первое место среди радиостанций с несколькими операторами вновь, как и в прошлогодних соревнованиях, занял DX-клуб из хорватской столицы Загреба (9A1A). В этом году в составе команды принимали участие Srdan Milić (9A3SMS), Ivan Zivcić (9A3GZI), Domagoj Žanić (9A7RA), Emil Unger (9A5AEU), Aron-Petar Sprihal (9A7ROR), Ivica Sorić (9A7R) и Zdravko Balen (9A9A). На втором месте в этой группе — команда UZ2I (г. Сумы, Украина). В составе команды выступали Виктор Павленко (UT2IV), Леонид Сухарёк (UT2II), Валерий Винников (UY2IF), Юрий Лукьянов (UR0IM) и Владимир Грицан (UT2IJ). На третьем месте — команда R7NV (коллективная радиостанция Инженерно-технологической академии ЮФУ, г. Таганрог Ростовской обл.), в которой участвовали Олег Микульчик (RW6MAO) и Олег Бирюков (RW7M).



Ivan Milenković (YT2AAA) занял первое место на диапазоне 21 МГц.

В группе наблюдателей приняли участие только два спортсмена. Лучшим был Nandor Viola (HA1-0013, г. Дьёр, Венгрия). В прошлогодних соревнованиях он был вторым. Второе место занял Timm Andres (DE3RPC, г. Бремерфёрде, Германия). В этой группе итоги также не подводились по той же причине, что и в группе на диапазоне 28 МГц.

Итоги соревнований для лидеров по зачётным группам приведены в **таблице**. В ней указаны занятое место, позывной, число связей, число очков за связи, множитель и окончательный результат.

Технические результаты по всем участникам этих соревнований можно посмотреть по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/RTTY_2019_tab_site.pdf** на сайте журнала "Радио".

SINGLE OPERATOR MULTI BAND

1	RG9A	893	8480	293	2484640
2	9A3VM	948	5450	265	1444250
3	RA9AU	508	4845	199	964155
4	9A7T	642	3765	240	903600
5	YO9HP	634	3600	234	842400
6	EM2G	598	3450	226	779700
7	RM3DA	633	3625	192	696000
8	RD0A	408	3675	145	532875
9	K1MK	456	4080	124	505920
10	RT9S	307	2880	156	449280

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 28 МГц

1	R6CC	19	95	11	1045

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 21 МГц

1	YT2AAA	145	765	41	31365
2	RT6DI	88	475	39	18525
3	RG4A	70	370	34	12580
4	UA6XES	52	275	31	8525
5	UR5ZEP	49	265	28	7420
6	OK1LV	49	260	21	5460
7	RA9AEA	29	290	18	5220
8	R6KEE	24	135	20	2700
9	I3FGX	25	125	16	2000

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 14 МГц

1	HG5D	382	2385	83	197955
2	VE2RYY	251	2215	53	117395
3	OD5ZF	192	1805	64	115520
4	UA0SR	172	1485	68	100980
5	TA3ON	183	1760	57	100320
6	UC6N	210	1205	66	79530
7	EA1BD	204	1240	51	63240
8	IT9VCE	194	1105	51	56355
9	DH6BH	155	990	54	53460
10	UC0A	110	945	55	51975

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 7 МГц

1	RU8W	229	2180	66	143880
2	ES4RD	216	1205	65	78325
3	UA9SBQ	121	1165	42	48930
4	RK9AY	102	960	48	46080
5	LZ2AU	148	795	50	39750
6	OK4K	136	745	41	30545
7	EU8F	118	625	47	29375
8	EA3HCJ	141	770	37	28490
9	YO4DFT	105	585	37	21645
10	UA3PI	86	465	35	16275

SINGLE OPERATOR SINGLE BAND 3,5 МГц

1	4Z5UN	106	1035	42	43470
2	S53X	166	875	49	42875
3	RA3Y	144	755	52	39260
4	RW4NN	118	635	52	33020
5	UT5EPP	121	635	47	29845
6	OK2SG	57	305	25	7625
7	RU6YJ	37	195	22	4290
8	UA3YFL	29	150	19	2850
9	D1M	17	100	14	1400

MULTI OPERATOR MULTI BAND

1	9A1A	934	5485	257	1409645
2	UZ2I	794	4705	243	1143315
3	R7NV	648	3580	230	823400
4	RK3PWR	348	1975	144	284400
5	RK3DXW	340	2005	140	280700
6	SN1919PS	351	1905	119	226695
7	9A7B	110	630	66	41580
8	SP60DXC	113	610	61	37210
9	R3MAI	152	835	43	35905
10	RC9MAA	56	470	44	20680

SWL

1	HA1-0013	96	490	49	24010
2	DE3RPC	92	490	32	15680

"Хрустальная" новогодняя ёлочка

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Эта настольная ёлочка может стать украшением новогоднего праздника. Изготовлена она из пластмассовых прозрачных бесцветных светорассеивателей (**рис. 1**) от различных газонных светильников, оставшихся после проведения с ними экспериментов. Три или более конусообразных светорассеивателя размещены друг над другом и образуют несколько ярусов "ветвей" (**рис. 2**). Светодиоды можно развесить на "ветках" как игрушки, чтобы они светили вниз, или как свечи, чтобы светили вверх. Основанием ёлочки служит также светорассеиватель, но цилиндрической формы. Благодаря им ёлочка будет выглядеть "хрустальной".


Рис. 1

Схема устройства показана на **рис. 3**. На транзисторах собран трёхфазный генератор импульсов. Транзисторы открываются поочерёдно, подавая напряжение на группы светодиодов, ток через которые ограничивают резисторы R3, R5 и R7. Скорость переключения можно изменить подборкой конденсаторов C1—C3. При увеличении ёмкости конденсаторов скорость переключения уменьшается. На вершине ёлочки установлен двух- или многоцветный мигающий светодиод HL19. Включают устройство с помощью выключателя SA1.

Для питания использована батарея Ni-Cd аккумуляторов напряжением 3,6 В от старого сотового телефона. Эта батарея размещена в основании ёлочки и одновременно служит балластом, повышая её устойчивость. Питать ёлочку можно и от внешнего источника питания напряжением 5 В, например зарядного устройства сотового теле-


Рис. 2

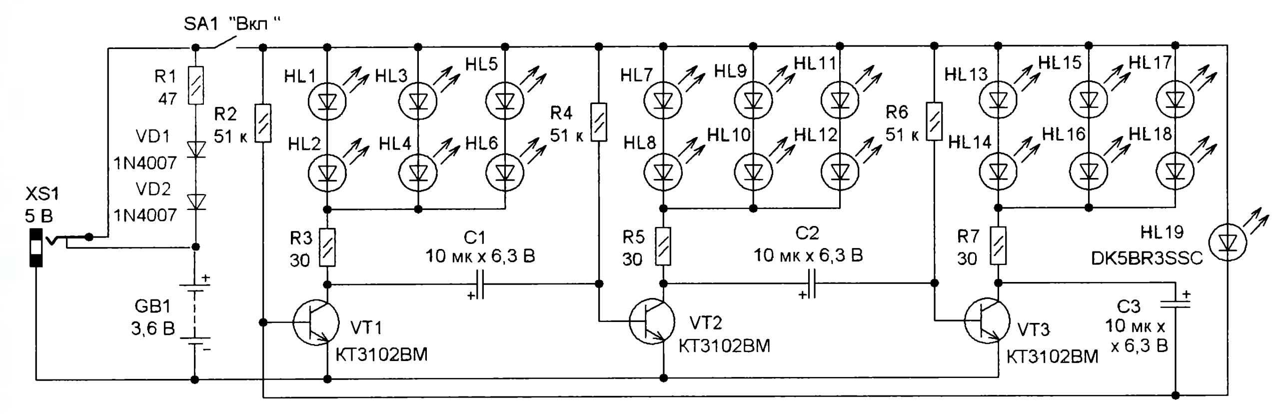


Рис. 3

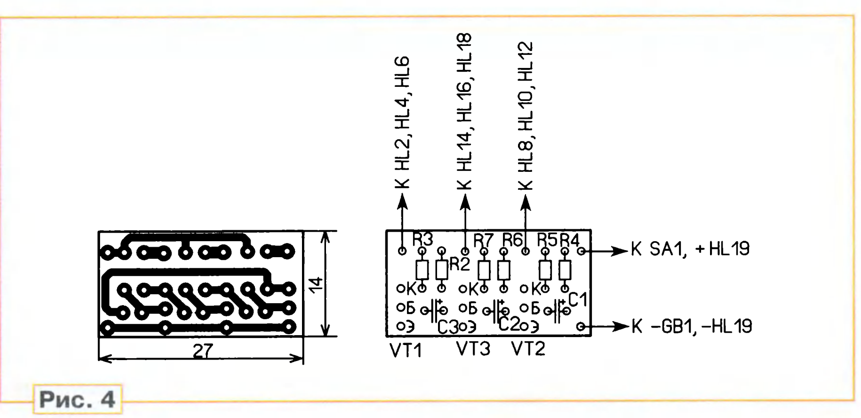


Рис. 4

фона. Чтобы заряжать батарею, не вынимая её из основания, введены элементы R1, VD1 и VD2. Диоды ограничивают напряжение на батарее, а резистор ограничивает ток зарядки. При подключении внешнего источника питания батарея отключается и происходит её зарядка. При выключенной ёлочке зарядка батареи аккумуляторов не прерывается. Можно применить и Li-ion аккумулятор со встроенным модулем зарядки, тогда элементы R1, VD1 и VD2 не потребуются, а гнездо XS1 может быть любым малогабаритным без переключаемого контакта. При постоянном питании от внешнего источника можно обойтись без выключателя питания и, конечно, аккумулятора.

Транзисторы, резисторы и конденсаторы размещены на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 4**. Можно применить постоянные резисторы Р1-4, С2-23 или другие малогабаритные, конденсаторы — К50-35 или импортные, транзисторы можно применить любые маломощные структуры n-p-n с коэффициентом передачи тока базы не менее 50. Выключатель питания — любой малогабаритный. Светодиоды можно применить с диаметром корпуса 3...5 мм, в зависимости от желания или имеющихся в наличии. Цвет свечения будет зависеть от напряжения питания. При питании от батареи 3,6 В применены зелёные и красные светодиоды, которые включены попарно последовательно и затем параллельно. При напряжении питания 5 В можно применить светодиоды красного и синего свечения. Яркость можно установить подборкой токоограничивающих резисторов. Гнездо может быть любым малогабаритным, в зависимости от типа применённого аккумулятора (или батареи), с переключаемым контактом или без него. Вид смонтированной платы показан на **рис. 5**.

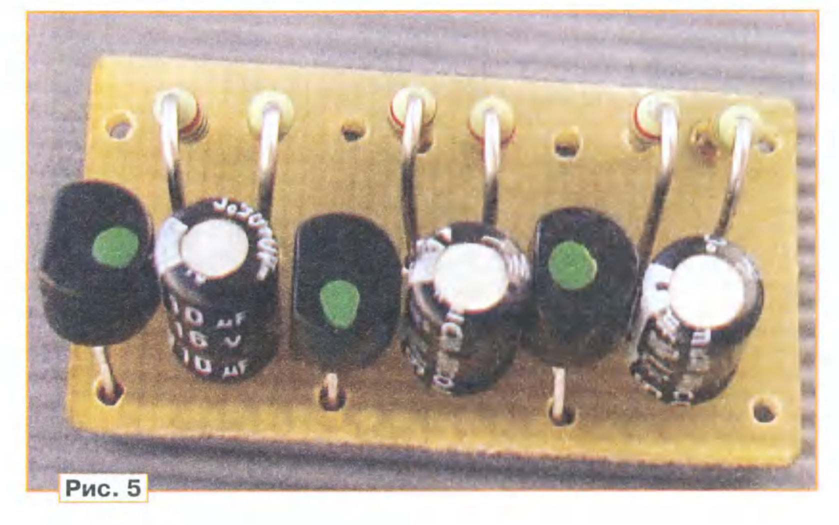


Рис. 5

Сборку и монтаж устройства проводят в следующей последовательности. Сначала на каждый ярус устанавливают светодиоды. Для этого сверлят по два отверстия для каждого из светодиодов, вставляют выводы и фиксируют каплей термоклея. Монтаж проводят внутри яруса с помощью тонкого обмоточного провода диаметром 0,1...0,14 мм. Удобно использовать лудящийся провод, например ПЭПЛОТ. Мигающий светодиод устанавливают на вершину ёлочки. Для соединения с печатной платой следует оставить отрезки провода достаточной длины. На основании устанавливают выключатель и гнездо. Затем ярусы и основание соединяют между собой, например, с помощью термоклея. Отрезки провода пропускают внутри "ствола" и припаивают к плате.

***От редакции**. Чертёж печатной платы в формате Sprint-Layout имеется по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2019/12/elochka.zip** на нашем FTP-сервере.*

Блок управления светодиодной RGB-лентой

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Для создания праздничных и декоративных подсветок часто используют управляемые трёхцветные светодиодные ленты с пультом (блоком) управления (**рис. 1**). Приобретённый вариант был снабжён ИК ПДУ с четырьмя программами, режимом включения-выключения 16 цветов свечения. Светодиодная лента при длине 5 м питается от источника напряжения 12 В, максимальный потребляемый ток — около 6 А. Расстояние между соседними светодиодами — 35 мм. Конструктивно сама лента разбита на параллельно включённые ячейки, схема одной из которых показана на **рис. 2**. Их общее число можно уменьшать, отрезая часть ленты. Такая схемотехника позволяет наращивать число ячеек и лент, имея мощный БП, например от компьютера, и зная, что выходные ключи блока управления рассчитаны на большой ток.

Использование автором подобной ленты выявило ряд неудобств. Это и ограниченная дальность работы ИК ПДУ, всего 2...3 м, отсутствие возможности управления без ПДУ, скудность функционала регулировок, а также сомнительная возможность увеличения числа используемых ячеек. Поэтому было решено сделать новый блок управления. Его схема показана на **рис. 3**. Были применены плата Arduino Uno (A2), bluetooth-модуль HC-05 (A1), самодельный модуль транзисторных ключей (A3) и приложение для смартфона. Переменные резисторы R1—R3 позволяют в ручном режиме производить выбор программы, регулировать яркость свече-

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 4

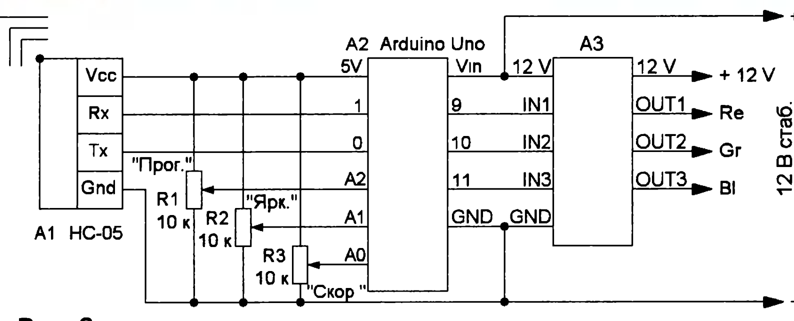


Рис. 3

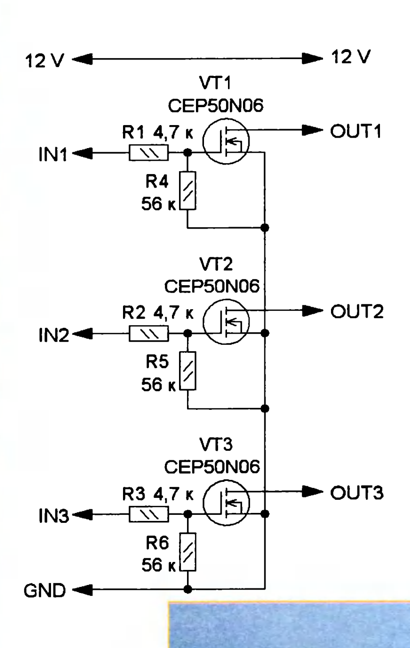


Рис. 5

ния ленты и скорость переключения светодиодов.

Ручной вариант управления можно включать и отключать с помощью приложения на смартфоне, используя его как ПДУ.

Изображение окна приложения показано на **рис. 4**. Его подробное описание приведено в статье **Мамичева Д.** "Дистанционное управление светодиодным кубом" ("Радио", 2019, № 5, с. 55, 56). Новый вариант ничем не отличается от исходного, кроме тематической замены фоновой картинки. В функционал кнопки "ПАУЗА-ГАШЕНИЕ" дополнительно добавлена возможность переключения режимов управления между ручным и дистанционным. Так, первое нажатие на эту кнопку передаёт управление смартфону, второе делает текущий стоп-кадр, третье выключает свечение ленты, четвёртое запускает программу и настройки ручного управления, меняя при этом режим управления. Вариант разработанного скетча позволяет использовать bluetooth-модуль как своего рода ключ дистанционного управления. При его отсутствии устройством можно управлять только в ручном режиме.

Схема модуля транзисторных ключей показана на **рис. 5**. Все элементы смонтированы на отрезке монтажной платы с применением проводного монтажа. Можно применить резисторы МЛТ, С2-23 и аналогичные. Полевые транзисторы — любые мощные переключательные с пороговым напряжением не более 2...3 В. Для подключения к светодиодной ленте надо применить соответствующий разъём.

Конструктивно ленту можно, например, намотать на пластиковый каркас (**рис. 6**), который изготовлен из отрезка сантехнической трубы диаметром 50 мм. Автор использовал эту конструкцию для внешней и внутренней подсветки окна на новогодние праздники. Длину отрезка выбирают сообразно длине подоконника. А шаг намотки ленты — исходя из её длины, а также диаметра и длины трубы. В авторском варианте шаг намотки — около 40 мм.

Рис. 6

***От редакции**. Скетч для Arduino Uno и видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2019/12/lenta-bluetooth.zip** на нашем FTP-сервере.*

Цифровой мультиметр — индикатор ЭПС конденсатора

А. ПИСКУНОВ, г. Гомель, Белоруссия

Эквивалентное последовательное сопротивление (ЭПС, англ. ESR) — один из важнейших параметров конденсаторов. Его возрастание в процессе эксплуатации особенно чувствительно для импульсных источников питания. Предлагаемый пробник, присоединяемый к цифровому мультиметру, работающему в режиме измерения прямого падения напряжения на диоде, позволяет оперативно проверить ЭПС конденсатора, не выпаивая его из устройства, где он установлен. Дополнительный источник питания для этого не требуется. Результат проверки отображается на табло мультиметра, причём цифра (единица) в его старшем разряде не имеет значения. Вторая цифра — единицы ом, третья — десятые доли ома, четвёртая (младшая) — сотые доли ома. Разрешающая способность в сотые доли ома при определённых навыках позволяет находить худшие по ЭПС конденсаторы среди нескольких, соединённых параллельно, за счёт ненулевой индуктивности соединяющих их проводов.

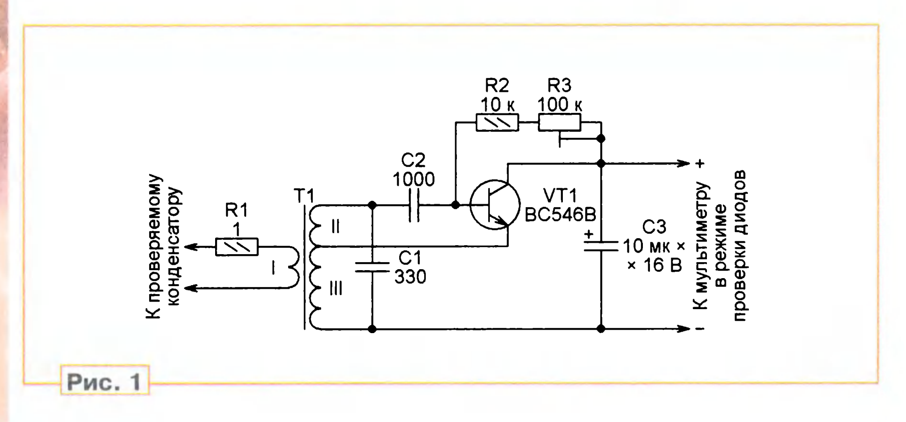


Рис. 1

Принципиальная схема прибора представлена на **рис. 1**. Он представляет собой генератор по схеме "индуктивной трёхточки". Будучи подключён к щупам мультиметра, полярность которых показана на схеме, он генерирует колебания частотой около 80 кГц. При этом потребление тока от мультиметра настолько мало, что он показывает то же самое, что и при никуда не подключённых щупах.

На обмотке I трансформатора действует синусоидальное напряжение с амплитудой около 120 мВ, подаваемое на проверяемый конденсатор через резистор R1, который служит для того, чтобы генерация не срывалась при близком к нулю ЭПС конденсатора. Подстроечным резистором R3 при замкнутых щупах пробника устанавливают на табло мультиметра число 1,000.



Рис. 2

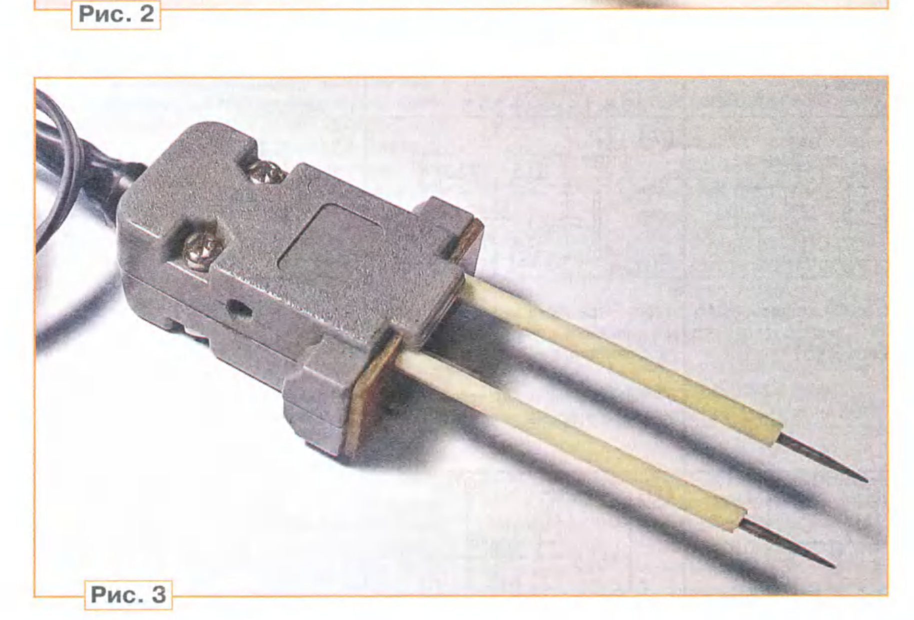


Рис. 3

В пробнике, работающем с цифровым мультиметром DT890B, использован трансформатор T1 с магнитопроводом — ферритовым кольцом типоразмера 10×6×3 мм от энергосберегающей лампы. Число витков обмоток: I — 5, II — 8, III — 80. Диаметр и тип изоляции провода некритичны, главное, чтобы обмотки уместились на кольце. Витки всех обмоток равномерно распределяют по нему. Обмотку I наматывают последней. Для работы с другими мультиметрами придётся, возможно, подбирать число её витков.

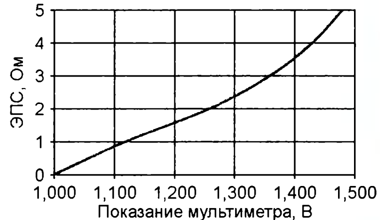


Рис. 4

Внешний вид пробника без корпуса показан на **рис. 2**. Его щупы изготовлены из отрезков упругой стальной проволоки диаметром 1 мм и длиной 50...70 мм. Она помещена в корпус от разъёма DB-9 (**рис. 3**). Выведенные из него провода заканчиваются разъёмами "крокодил" для соединения со щупами мультиметра.

Экспериментально полученная градуировочная кривая пробника изображена на **рис. 4**. Для её снятия к пробнику вместо конденсаторов подключались резисторы известного сопротивления. Линейность измерения ЭПС невелика, но достаточна для практического применения пробника.

Викторина "Питание микроконтроллеров"

С. РЮМИК, г. Чернигов, Украина

Микроконтроллеры общего применения обычно требуют питающего напряжения, лежащего в интервале 1,8...5 В. Чаще всего используют его фиксированные значения 1,8 В, 3,3 В и 5 В. Под эти значения выпускают множество интегральных стабилизаторов напряжения. Потребляемый микроконтроллером ток, в зависимости от его типа и условий работы, может изменяться от единиц микроампер в "спящем" режиме до десятков и даже сотен миллиампер при управлении мощными нагрузками.

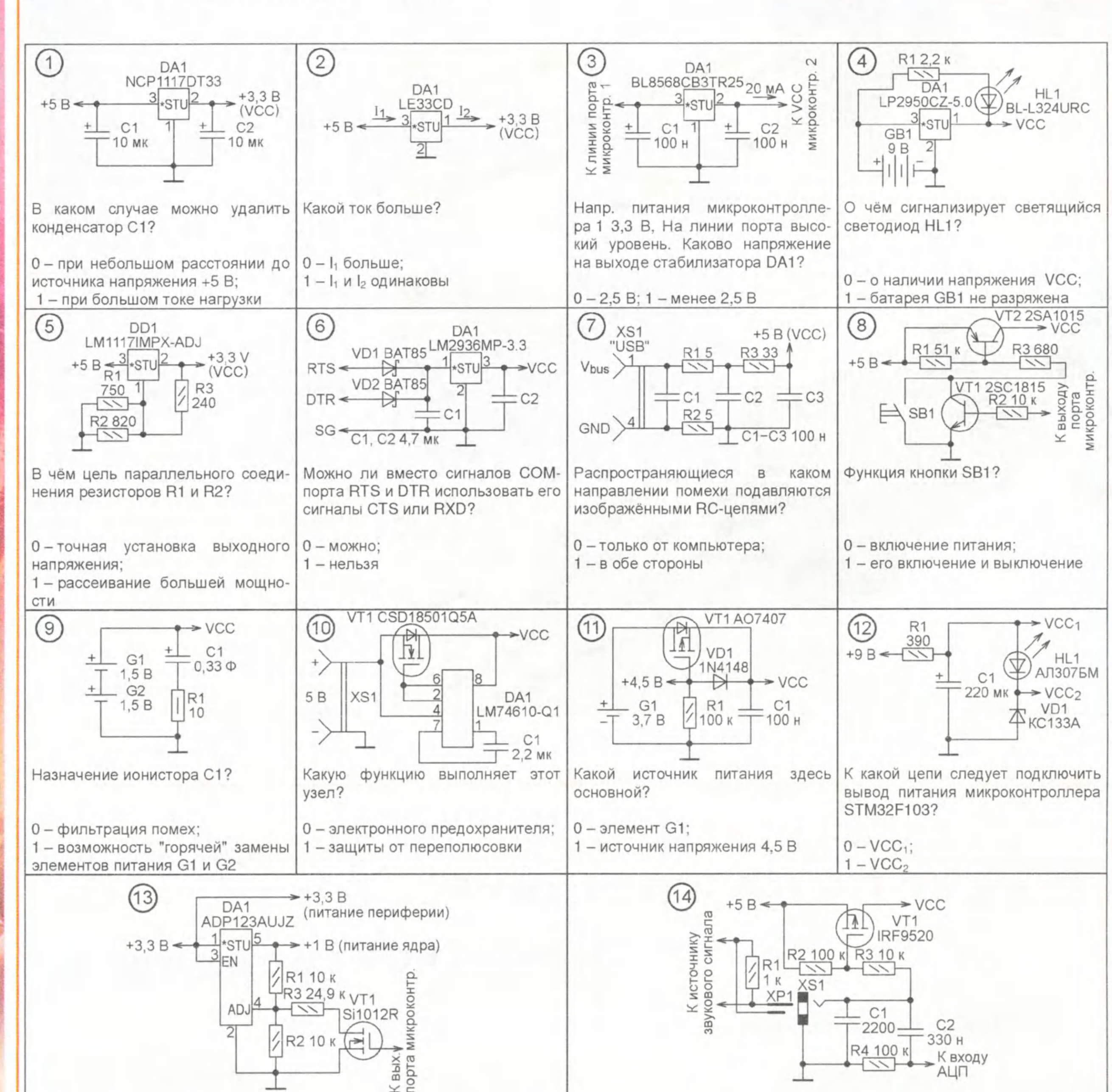
В любительской практике широко применяют аналоговые стабилизаторы напряжения, которые имеют

низкую допустимую минимальную разность потенциалов между входом и выходом. Это — так называемые LDO (Low DropOut) стабилизаторы. Используют и импульсные преобразователи постоянного тока в постоянный (DC/DC), обладающие высокой экономичностью, но требующие тщательной разводки печатных проводников, а также применения дросселей и трансформаторов.

Вопросы в **таблице** проиллюстрированы схемами, на них подразумевается, что выходы, обозначенные VCC, должны быть соединены с выводами питания микроконтроллеров. В большинстве случаев эти схемы применимы и для питания электронных устройств, не содержащих микроконтроллеров. Номинальное напряжение оксидных конденсаторов на схемах не указано. Как правило, оно должно быть не меньше подаваемого на устройство внешнего нестабилизированного напряжения.

На каждый вопрос выберите ответ 0 или 1, после чего запишите эти цифры в порядке номеров вопросов слева направо. Полученное 14-разрядное двоичное число переведите в десятичную систему счисления. Если получится 3519, значит, все ответы верны.

***От редакции**. Правильные ответы и пояснения к ним будут даны в следующем номере журнала.*










СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2019 год

Первое число после названия статьи обозначает номер журнала, второе — страницу (начало статьи). Материалы рубрик "Обмен опытом" и "Дополнение к напечатанному" ("Наша консультация", "Обратите внимание") включены в соответствующие тематические разделы содержания.

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО

НАУКА И ТЕХНИКА

ВЫСТАВКИ

ВИДЕОТЕХНИКА








Дополнения к статьям

ЗВУКОТЕХНИКА

Дополнения к статьям

РАДИОПРИЁМ

ИЗМЕРЕНИЯ

Дополнения к статьям

КОМПЬЮТЕРЫ

Дополнения к статьям

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Дополнения к статьям

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

Дополнения к статьям

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Дополнения к статьям

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Дополнения к статьям

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ

Дополнения к статьям

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Дополнения к статьям

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ

(ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

Дополнения к статьям

"РАДИО" — О СВЯЗИ

(ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

Дополнения к статьям

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Редакторы: ***С. Глибин*** ("Дополнение к напечатанному", "Звукотехника"), ***А. Долгий*** ("Микропроцессорная техника", "Компьютеры", "Измерения", "Радиолюбителю-конструктору", "Прикладная электроника", "Источники питания", "Радио" — начинающим"), ***С. Некрасов*** ("Радио" — о связи"), ***И. Нечаев*** ("Наука и техника", "Радиоприём", "Прикладная электроника"), ***Н. Нечаева*** ("Радио" — начинающим"), ***А. Соколов*** ("Звукотехника"), ***В. Чуднов*** ("Источники питания", "Прикладная электроника").

В оформлении журнала участвовали ***Ю. Андреев*** (графика), ***Е. Герасимова, В. Мусияка***.



Получатель ЗАО «Журнал «Радио»
ИНН 7708023424, р/с 40702810438090103159,
ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770801001

Цена одного номера журнала 2020 г. (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции — 300 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 2300 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 3000 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 2340 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 3120 руб.

Стоимость подписки с адресной рассылкой для жителей дальнего зарубежья на полугодие — 50 USD, на год — 100 USD.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2013	1—12	50 руб.	110 руб.	240 руб.
2014	1—12	70 руб.	130 руб.	260 руб.
2015	1—12	90 руб.	150 руб.	280 руб.
2016	1—12	150 руб.	220 руб.	320 руб.
2017	1—6	185 руб.	255 руб.	355 руб.
2017	7—12	200 руб.	285 руб.	385 руб.
2018	1—6	220 руб.	310 руб.	415 руб.
2018	7—12	240 руб.	330 руб.	440 руб.
2019	1—6	260 руб.	350 руб.	460 руб.
2019	7—12	280 руб.	370 руб.	480 руб.
2020	1—6	300 руб.	390 руб.	500 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы . При переводе денег почтовым переводом может понадобиться почтовый индекс банка 101000. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам
- Каталог Агентства РОСПЕЧАТЬ 70772
- Официальный каталог Почты России П4014
- Объединённый каталог "Пресса России" 89032













ЯНВАРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

ФЕВРАЛЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	

МАРТ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

АПРЕЛЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

МАЙ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

ИЮНЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					



2020



ИЮЛЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

АВГУСТ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

СЕНТЯБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

ОКТЯБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

НОЯБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

ДЕКАБРЬ

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	ВС
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			